



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Grado

Implementación de un procedimiento de
ensayo de frenado según el Reglamento
13 y 13H

Autor/es

PABLO RUIZ LAFOZ

Director/es

ANA PIQUERAS LORENTE
SANTIAGO BASELGA ARIÑO

Facultad / Escuela

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE ZARAGOZA

Año

JUNIO 2016



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. PABLO RUIZ LAFOZ,

con nº de DNI 18058837L en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo

de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la

Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado _____, (Título del Trabajo)

Implementación de un procedimiento de ensayo de frenado según el
Reglamento 13 y 13H

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada
debidamente.

Zaragoza, 23/06/16

Fdo: _____

Resumen

“La autorización administrativa previa a la obtención del permiso de circulación de vehículos a que se alude en el Reglamento General de Vehículos se sustancia en la homologación de tipo de los vehículos, sus partes y piezas que es otorgada por la autoridad de homologación, que en España es el Ministerio correspondiente con atribuciones en Industria.” [1]

Consecuente a ello, los vehículos deben ensayarse para cada uno de sus componentes para obtener la autorización administrativa previa al permiso de circulación. De este modo, en el presente documento se ha realizado el estudio sobre la homologación de sistemas de frenado. El objetivo es realizar una implementación de un procedimiento de un ensayo tipo 0, para vehículos M1 y N1, que permita al laboratorio de la Universidad de Zaragoza ampliar su acreditación en homologación. Dicho ensayo, se determina en toda su totalidad en los Reglamento 13 y 13H de la directiva 71/320/CEE.

El proceso de estudio de la homologación sobre los dispositivos de frenada, se inició con el análisis de las directrices de los reglamentos anteriormente mencionados. A través de dicho análisis, se ha elaborado la metodología del ensayo a realizar.

Tras definir la metodología, se ha realizado la propuesta de un procedimiento a seguir en la ejecución del ensayo. Procedimiento en el cual se han determinado todos los datos que se deben recoger sobre el vehículo a ensayar, la instrumentación necesaria para su ejecución; así como el conjunto de verificaciones de todas las condiciones exigidas en los reglamentos.

El estudio se ha concluido con la ejecución de un ensayo de frenada tipo 0, y su posterior análisis para verificar la validez de la metodología definida y del procedimiento propuesto.

Índice general

1. Introducción	5
2. Conceptos básicos	6
2.1. Dispositivo de frenado	6
2.1.1. Freno de servicio	6
2.1.2. Freno de socorro	7
2.1.3. Freno de estacionamiento	7
2.2. Sistemas de accionamiento de freno	7
2.2.1. Sistema de accionamiento por fricción	7
2.2.2. Sistema de accionamiento eléctrico	7
2.2.3. Sistema de accionamiento hidráulico	8
2.2.4. Sistema de accionamiento de motor	8
2.3. Ayudas electrónicas en los sistemas de freno: ABS Y ESC.....	8
2.3.1. Sistemas antibloqueo (ABS)	8
2.3.2. Sistema de control electrónico de la estabilidad (ESC)	9
2.4. Definición de las categorías de vehículos.....	9
2.4.1. Categoría M.....	9
2.4.2. Categoría N.....	9
2.4.3. Categoría O.....	10
2.5. Ensayos de frenado	10
3. Introducción legislativa de los Reglamentos 13 y 13H.....	11
3.1. Reglamento 13	11
3.2. Reglamento 13 H.....	11
3.3. Diferencias entre los Reglamentos 13 y 13H	11
4. Metodología	13
4.1. Desaceleración media estabilizada	13
4.2. Proceso de ejecución del ensayo tipo 0 para M1y N1	14
4.2.1. Esquematización de un ensayo tipo 0 para un vehículo de la categoría M1	15
5. Procedimiento	16
5.1. Identificación del vehículo y descripción de sus características	16
5.2. Determinación de la instrumentación	16
5.2.1. Sistema inercial	17

5.2.2. Pisómetro	17
5.2.3. Tarjeta de adquisición de datos	18
5.3. Adecuación e instalación de los dispositivos	18
5.3.1. Fijación de los dispositivos	18
5.3.2. Conexión de los dispositivos	20
5.4. Valoración de las condiciones exigidas por el Reglamento 13 y 13H	20
5.4.1. Valoración de las condiciones iniciales del ensayo tipo 0.....	21
5.4.2. Valoración de las condiciones de la ejecución del ensayo	23
5.5. Proceso de ejecución del ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1	23
5.5.1. Caso1: Motor desembragado.....	23
5.5.2. Caso2: Motor embragado	24
5.6. Análisis de los datos procedentes de los dispositivos.....	24
6. Resultados del ensayo	26
7. Conclusiones.....	45
7.1. Posibilidades futuras	46
8.Bibliografía	47
Anexo I. Documentación	50
1.Documentación generada	51
ANEXO II. Instrumentación.....	71
1. Sistema inercial con GPS	72
2. Pisómetro	73
3. Sistema DAQ.....	74
4. Termómetro	75
5. Inclínómetro	76
6. Básculas digitales.....	77
ANEXO III. Simulación de un accionamiento de freno	78
1.Objeto.....	79
2. Metodología	79
3. Proceso de simulación.....	79
3.1. Instrumentación	79
3.2. Conexión de los dispositivos y ejecución de la simulación	80
4. Análisis de los resultados	80
ANEXO IV. Distribución de cargas en el vehículo	83
1. Distribución de cargas en el vehículo.....	84
1.1. Estado descargado	84
1.2. Estado cargado	84

ANEXO V. Adaptador de pisómetro	85
1.Diseño del adaptador	86
1.1. Diseño I.....	86
1.2. Diseño II.....	88
1.3. Diseño III.....	89
1.4. Análisis de los diseños	91
2. Material del adaptador	91
2.1. Análisis tensional en SolidWorks:.....	92
2.2. Resultados del estudio de materiales	93
3. Adaptador: Diseño III en POM.....	99
3.1. Conjunto Camisa	99
3.2. Conjunto Macizo	99
PLANOS. Adaptador de pisómetro	101

1.Introducción

El laboratorio del departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza se encuentra ante la necesidad de desarrollar la implementación de un procedimiento de ensayo de frenado, lo cual es la motivación del presente proyecto.

Una de las posibles ampliaciones de acreditación que se le han planteado al laboratorio es la realización de ensayos de frenado tipo 0, para lo cual es estrictamente necesario desarrollar un procedimiento de ensayo, adquirir la instrumentación adecuada y elaborar una serie de herramientas que permitan al personal técnico del laboratorio adquirir e interpretar los datos correctamente.

Los ensayos de frenado están determinados y definidos para los distintos vehículos por el Reglamento nº 13 y 13H (específico para M1 y N1) de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). Dicho reglamento recoge las disposiciones uniformes sobre la homologación de vehículos de las categorías M, N y O con relación al frenado, exceptuando:

- Los vehículos adaptados para conductores con discapacidad.
- Los vehículos cuya velocidad máxima por construcción no supere los 25 km/h.
- Los remolques que no pueden acoplarse a vehículos de motor con una velocidad máxima por construcción superior a 25 km/h.

La homologación de los componentes de un vehículo es un requerimiento en el proceso de su matriculación. Entre toda la serie de homologaciones que debe cumplir un vehículo, encontramos la de del sistema de frenado. Se conoce como sistema de frenado, la combinación de piezas que tiene por función disminuir progresivamente la velocidad de un vehículo en movimiento, hacer que se detenga o mantenerlo inmóvil si ya está parado. El sistema está compuesto por el mando, la transmisión y el freno propiamente dicho.

El ámbito de aplicación del proyecto estará enmarcado en la actividad que desarrolla el laboratorio; hasta ahora la acreditación del laboratorio enmarca:

- Los servicios técnicos de reformas de vehículos según el RD 866/2010.
- La emisión de informes previos a la homologación de un vehículo como histórico según el RD 1247/1995.
- La emisión de informes para la homologación individual de vehículos según el RD 750/2010 por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos a motor y sus remolques.

2. Conceptos básicos

Ante la realización del presente proyecto que abarca la implementación de un procedimiento de ensayo de frenada tipo 0 para vehículos M1 y N1, se van a exponer a continuación la definición de los distintos conceptos sobre:

- Los dispositivos de frenado.
- Los sistemas de accionamiento de freno.
- Las categorías de vehículos
- Los tipos de ensayo de frenado.

Del mismo modo, se debe conocer los dos conceptos relativos a la masa del vehículo, los cuales aparecen dentro de las actas de ensayo:

- **Masa máxima:** masa máxima técnicamente admisible declarada por el fabricante, y que puede superar a la masa máxima autorizada.
- **Distribución de la masa entre los ejes:** distribución entre los ejes del efecto de la gravedad sobre la masa del vehículo y su contenido.

2.1. Dispositivo de frenado

Un dispositivo de frenado es el conjunto de órganos que tienen por función disminuir progresivamente la velocidad de un vehículo en marcha, hacer que se detenga o mantenerlo inmóvil si se encuentra ya detenido.

Los vehículos disponen de tres tipos de dispositivos de frenos que se diferencian a través de la finalidad de cada uno de ellos. De este modo, definimos tres tipos:

2.1.1. Freno de servicio

- El **freno de servicio**, debe permitir al conductor controlar el movimiento del vehículo y poder detenerlo de forma segura, rápida y eficaz, para cualesquiera que sean sus condiciones de velocidad y de carga, y el declive de la vía por donde circule sea ascendente o descendente. Además, la acción de frenado debe ser graduable, y el conductor debe poder conseguir ese frenado desde su asiento sin separar las manos del mando de dirección.

2.1.2. Freno de socorro

- El **freno de socorro**, deberá permitir detener el vehículo en una distancia razonable, en el caso de que el freno de servicio falle. Su acción debe ser regulable, y se debe poder conseguir sin que el conductor se mueva de su asiento con, por lo menos, una mano puesta en el mando de dirección. Se da por supuesto que en el freno de servicio no puede producirse más de un fallo simultáneamente.

2.1.3. Freno de estacionamiento

- El **freno de estacionamiento**, debe permitir mantener inmóvil el vehículo sobre un declive ascendente o descendente incluso en ausencia del conductor, de modo que las superficies activas del freno quedan activas en posición de bloqueo a través de un dispositivo de acción mecánica.

2.2. Sistemas de accionamiento de freno

El accionamiento del sistema de frenado tiene diversidad de opciones. En función del sistema de fuerzas ejecutado sobre los ejes de las ruedas, los sistemas de accionamiento de frenos se subdividen en:

2.2.1. Sistema de accionamiento por fricción

Su funcionamiento se basa en la fricción de fuerzas debido al rozamiento de dos piezas pertenecientes al vehículo, ambas con movimiento relativo, pero sin contacto entre sí.

2.2.2. Sistema de accionamiento eléctrico

Los sistemas de frenos eléctricos ejercen fuerzas debidas a la acción electromagnética entre dos elementos del vehículo en movimiento relativo, pero sin contacto entre sí. Dentro del subgrupo de sistemas de accionamiento eléctrico cabe mencionar el sistema de frenado eléctrico regenerativo.

2.2.2.1. Sistema de frenado eléctrico regenerativo

El frenado eléctrico regenerativo consiste en un sistema de frenado que, durante la desaceleración, convierte la energía cinética del vehículo en energía eléctrica. Este tipo de sistema de frenado se subdivide en dos categorías:

- **Sistema de frenado eléctrico regenerativo de categoría A:** el que no forma parte del sistema de frenado de servicio.
- **Sistema de frenado eléctrico regenerativo de categoría B:** el que forma parte del sistema de frenado de servicio.

2.2.3. Sistema de accionamiento hidráulico

Consiste en un sistema de frenado cuya energía proviene de un fluido hidráulico a presión almacenado en uno o varios acumuladores alimentados por una o varias bombas de presión, cada una de las cuales está provista de un limitador que impide superar un valor máximo de presión. Dicho valor será especificado por el fabricante.

2.2.4. Sistema de accionamiento de motor

Este sistema basa su funcionamiento en la aplicación de fuerzas debidas a un aumento controlado de la acción de frenado del motor que se transmite a las ruedas.

2.3. Ayudas electrónicas en los sistemas de freno: ABS Y ESC

2.3.1. Sistemas antibloqueo (ABS)

Por sistema antibloqueo se entiende la parte del sistema de frenado de servicio que regula automáticamente el grado de deslizamiento de una o varias ruedas del vehículo en el sentido de rotación de las mismas durante el frenado, evitando su bloqueo.

Estos sistemas tienen el objetivo de evitar el deslizamiento del vehículo en una frenada brusca. Dicho deslizamiento se produciría si las ruedas giraran a la misma velocidad del vehículo, situación en la que se produce la rodadura sin deslizamiento. Es decir, el punto de contacto de la rueda con el asfalto no se mueve. En estas condiciones, la fuerza de fricción entre neumático y pavimento es lo que se conoce como rozamiento estático: aparece la fuerza justa y necesaria para evitar que ambas superficies se deslicen entre sí. Pero dicha fuerza tiene un máximo, si dicho máximo se supera se empieza a producir el deslizamiento.

Se subdividen en tres categorías: categoría I; categoría II; categoría III.

2.3.2. Sistema de control electrónico de la estabilidad (ESC)

Mejora la estabilidad direccional del vehículo mediante controlando automáticamente los pares de frenado de las ruedas de cada eje. Se induce un momento de deriva corrector a partir de una evaluación:

Análisis del comportamiento real del vehículo en comparación con el comportamiento del vehículo solicitado por el conductor.

2.4. Definición de las categorías de vehículos

El Reglamento 13 y 13H pertenecientes a la directiva 71/320/CEE, definen las distintas categorías de vehículos a los que otorgar la homologación del sistema de frenado, a través de la realización de ensayos de frenado (*Punto 3.5*).

2.4.1. Categoría M

Vehículos a motor destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas, o tres ruedas y un peso máximo superior a 1 tonelada. Dentro de la categoría M encontramos la subdivisión en:

- **M1:** Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo.
- **M2:** Vehículos destinados al transporte y personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que no supere las 5 toneladas.
- **M3:** Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que supere las 5 toneladas.

2.4.2. Categoría N

Vehículos a motor destinados al transporte de mercancías y que tengan por lo menos cuatro ruedas, o tres ruedas y un peso máximo superior a 1tonelada. La categoría N se divide en:

- **N1:** Vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo inferior a las 3,5 toneladas.
- **N2:** Vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo superior a 3,5 toneladas, pero inferior a 12 toneladas.

- **N3:** Vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo superior a 12 toneladas.

2.4.3. Categoría O

Remolques concebidos y fabricados para el transporte de mercancías o de personas, así como para alojar personas. Se subdividen en:

- **O1:** Remolques cuyo peso máximo sea inferior a 0,75 toneladas.
- **O2:** Remolque con un peso máximo superior a 0,75 toneladas, pero inferior a 3,5 toneladas.
- **O3:** Remolque con un peso máximo superior a 3,5 toneladas, pero inferior a 10 toneladas.
- **O4:** Remolques con un peso máximo superior a 10 toneladas.

2.5. Ensayos de frenado

El Reglamento 13 y 13H, pertenecientes a la directiva 71/320/CEE, definen y dictaminan las condiciones y metodología de cada tipo de ensayo de frenada. Así pues, dependiendo de las condiciones iniciales del ensayo, el tipo de frenada a ensayar, el sistema de frenado del vehículo y el tipo de vehículo, los ensayos se clasifican en:

- **Ensayo tipo 0:** Ensayo del rendimiento ordinario con los frenos fríos.
- **Ensayo tipo I:** Ensayo de pérdida de eficacia.
- **Ensayo tipo II:** Ensayo de comportamiento cuesta abajo.
- **Ensayo tipo II A:** Ensayo del rendimiento de frenado de resistencia.

Ensayo tipo III: Ensayo de pérdida de eficacia para vehículos de la categoría O4.

3. Introducción legislativa de los Reglamentos 13 y 13H

3.1. Reglamento 13

El Reglamento nº 13 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) es un documento creado mediante acuerdos internacionales. Dicho documento se basa en las disposiciones uniformes sobre la homologación de vehículos de las categorías M, N y O con relación al frenado.

Su ámbito de aplicación son los vehículos de las categorías M2, M3, N y O, a excepción de:

- Vehículos cuya velocidad máxima por construcción no supere los 25 (km/h).
- Remolques que no puedan acoplarse a vehículos de motor con una velocidad máxima por construcción superior a 25 (km/h).
- Vehículos adaptados para conductores con discapacidad.

3.2. Reglamento 13 H

El Reglamento nº 13-H de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) es un documento creado mediante acuerdos internacionales. Dicho documento se basa en las disposiciones uniformes sobre la homologación de los vehículos de turismo con relación al frenado.

Su ámbito de aplicación son los vehículos de las categorías M1 y N1, a excepción de:

- Vehículos cuya velocidad por fabricación no supere los 25 (km/h).
- Vehículos adaptados a los conductores con discapacidad.

3.3. Diferencias entre los Reglamentos 13 y 13H

Los requisitos de frenado para vehículos de la categoría M1 se incluyen exclusivamente en el Reglamento 13H.

En cuanto a los requisitos de frenado para vehículos de la categoría N1, el Reglamento 13H ofrece una serie alternativa de requisitos aplicables a los vehículos de categoría N1. Estos requisitos son distintos de los incluidos en el Reglamento 13 en los siguientes aspectos:

- Las condiciones de realización del ensayo.
- La velocidad prescrita para la realización del ensayo.

- Los límites máximos de distancia de frenado y los límites mínimos de deceleración media estabilizada.

Reglamento 13:

Motor desembragado		Motor embragado	
v prescrita	80 (km/h)	v prescrita	0,8 v _{max} <120(km/h)
s	$<0,15+v^2/130$ (m)	s	$<0,15+v^2/103,5$ (m)
dm	>5 (m/s ²)	dm	>4 (m/s ²)
f	<700 (N)	f	<700 (N)

Tabla 2. 1

Reglamento 13H:

Motor desembragado		Motor embragado	
v prescrita	100 (km/h)	v prescrita	0,8 v _{max} <160(km/h)
s	$<0,1v+0,006v^2$ (m)	s	$<0,1v+0,0067v^2$ (m)
dm	$>6,43$ (m/s ²)	dm	$>5,76$ (m/s ²)
f	<650 (N)	f	<650 (N)

Tabla 2. 2

v prescrita: velocidad ensayo

s: distancia de frenado

dm: deceleración media estabilizada

f: fuerza ejercida sobre el pedal del freno

vmáx: velocidad máxima del vehículo

Así pues, para vehículos de la categoría N1, las partes contratantes que aplican ambos Reglamentos deberán reconocer como igualmente válidas las homologaciones concedidas conforme a cualquiera de ellos.

4. Metodología

Los ensayos de frenado tipo 0 se basan en el estudio del rendimiento de frenado, es decir, la efectividad de dicho sistema. Este rendimiento se puede obtener por medio de la desaceleración media estabilizada (dm). Su valor depende de la distancia de frenado y de la velocidad inicial.

La distancia de frenado será la distancia recorrida desde el momento en que se acciona el sistema de frenado hasta la detención del vehículo. La velocidad inicial será la velocidad del vehículo en el momento que se comienza a accionar el mando del sistema de frenado. Esta velocidad deberá ser superior al 98% de la velocidad señalada en el ensayo a realizar.

4.1. Desaceleración media estabilizada

El rendimiento de frenado se determinará a través de la siguiente ecuación:

$$dm = \frac{vb^2 - ve^2}{25,92(se - sb)} \quad [Ec. 3.1]$$

Definición de los términos constituyentes de la ecuación:

- **v1**: es la velocidad en el momento de la activación del mando de dispositivo de frenado (km/h).
- **vb**: velocidad del vehículo a $0,8 \cdot v1$ (km/h).
- **ve**: velocidad del vehículo a $0,1 \cdot v1$ (km/h).
- **sb**: distancia recorrida entre $v1$ y vb (m).
- **se**: distancia recorrida entre $v1$ y ve (m).
-
- **dm**: deceleración media estabilizada (m/s^2).

4.2. Proceso de ejecución del ensayo tipo 0 para M1 y N1

A continuación, se va a realizar una exposición del proceso de ensayo tipo 0 en un vehículo de categoría M1 y N1:

Los ensayos para la categoría M1 y N1 se divide en dos tipos, en función del estado del motor, los cuales se deberán efectuar con el vehículo cargado y descargado. Los dos tipos de ensayo son

Ensayo de tipo 0 con el motor desembragado:

El ensayo deberá llevarse a cabo a la velocidad prescrita para la categoría a la que el vehículo pertenezca, aunque se admitirá un margen de tolerancia con respecto a las cifras establecida del 98%.

Ensayo de tipo 0 con el motor embragado:

Los ensayos se realizarán a una velocidad equivalente al 80 % de la velocidad máxima del vehículo. En el caso de vehículos equipados con limitador de velocidad, la velocidad del limitador se tomará como la velocidad máxima del vehículo.

La velocidad prescrita (v_1) para un vehículo de la categoría M1, o, N1 en ensayo tipo 0 viene determinada por el Reglamento 13 y 13H, donde se definen los siguientes valores:

- Ensayo con el motor desembragado: La velocidad prescrita es de 100 (km/h).
- Ensayo con el motor embragado: La velocidad máxima debe ser menor o igual a 160 (km/h).

Así pues, la realización de ambos ensayos se basará en la medición de los términos constituyentes de la ecuación del rendimiento de frenado:

En primer lugar, para obtener los valores de distancia, se seccionará la prueba en tres tramos. Se comenzará a medir la distancia, s_b , en el momento en que el dispositivo de mando sea activado. En ese instante el vehículo a ensayar llevará una velocidad inicial (v_1). A partir de este momento, se medirá el espacio recorrido hasta que se reduzca la velocidad al 80% de la velocidad prescrita para el ensayo(v_1).

Del mismo modo, se realizará la medición de la distancia, s_e'' , entre el punto donde el vehículo lleva una velocidad del 80% de v_1 hasta el punto donde la velocidad se ha reducido a un 10% de v_1 .

4.2.1. Esquematización de un ensayo tipo 0 para un vehículo de la categoría M1



Imagen 4. 1

En la imagen se muestra la simulación del ensayo a practicar, donde se observan 4 puntos principales:

- **Punto1:** Es el inicio del ensayo, se parte de una velocidad inicial nula del vehículo hasta alcanzar la velocidad prescrita para el ensayo v_1 . La distancia recorrida en este tramo no se tendrá a valorar para determinar el rendimiento de frenado.
- **Punto2:** Es el punto donde se logra alcanzar la velocidad v_1 . Se iniciará la medición desde este instante de las distancias s_b y s_e . Es en este punto donde el conductor del vehículo comenzará a accionar el sistema de frenado a ensayar, produciendo una deceleración continua.
- **Punto 3:** Es la posición donde se logra disminuir la velocidad hasta un 80% de la velocidad v_1 , velocidad denominada v_b . Se continuará con el sistema de frenado activo.
- **Punto 4:** Es el punto donde se consigue desacelerar el vehículo hasta una velocidad equivalente al 10% de v_1 , v_e . Se considerará el punto de finalización del ensayo.

5. Procedimiento

El procedimiento del ensayo se ha elaborado con la finalidad de establecer un orden en la ejecución de un ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1 dictaminado por el Reglamento 13 y 13H de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE).

5.1. Identificación del vehículo y descripción de sus características

Inicialmente, antes de proceder a realizar cualquier valoración sobre la ejecución del ensayo, se deberá identificar el vehículo a ensayar y notificar en la hoja de toma de datos las siguientes reseñas:

- Matrícula.
- Nº Bastidor.
- Fabricante.
- Modelo.
- Categoría del vehículo.
- Autorización a arrastrar remolque sin frenos.
- Tipo de motor.
- Número de marchas.
- Relaciones de transmisión.
- Velocidad máxima de construcción.
- Contraseña de homologación.

5.2. Determinación de la instrumentación

El ensayo de frenada tipo 0 exige el empleo de sensores e instrumentos para la adquisición de los parámetros necesarios tanto para la obtención de los términos de la ecuación correspondiente a la eficacia del sistema de frenado (*Punto 4.1*) como para la comprobación de todas las condiciones exigidas por el Reglamento 13 y 13H.

Para determinar que instrumentación utilizar, se exponen de nuevo, los parámetros exigidos por el Reglamento 13 y 13H, (*Punto 1.1.2. del Anexo 3 del Reglamento 13H*), a determinar para obtener la deceleración media estabilizada, dm :

- La velocidad, v_1 , en el momento de la activación del mando de dispositivo de frenado (km/h).
- La velocidad del vehículo a $0,8 \cdot v_1$ (km/h).
- La velocidad del vehículo a $0,1 \cdot v_1$ (km/h).
- La distancia recorrida entre v_1 y v_b (m).

- La distancia recorrida entre v_1 y v_e (m).

La desaceleración media estabilizada podrá determinarse también con otros métodos distintos de la medición de la velocidad y la distancia; en tal caso, la precisión de la desaceleración media estabilizada deberá ser del $\pm 3\%$.

A su vez, también se nos exige obtener y notificar en la posterior acta de ensayo la fuerza ejercida sobre el pedal de freno. (*Punto 2.1.1. del Anexo 3 del Reglamento 13H*).

En cuanto a las tolerancias de la instrumentación escogida, se nos exige en el Reglamento 13 y 13H que los dispositivos de medida deberán cumplir un margen de tolerancia de $\pm 1\%$.

5.2.1. Sistema inercial

Se propone el empleo un sistema inercial con GPS, como dispositivo de medida de los términos constituyentes de la ecuación de la desaceleración media estabilizada.

El dispositivo escogido es un Ellipse INS, modelo N, de SBG Systems. Su interior se compone de giroscopios, acelerómetros y magnetómetros en los 3 ejes (X,Y,Z); además consta de un input (entrada) destinado para la conexión con un sistema GPS, el cual nos aportará la localización en cada instante. La otra conexión, output, del dispositivo está destinada para su conexión con una tarjeta de adquisición de datos.



Imagen 5. 1

5.2.2. Pisómetro

Respecto a la medición de la fuerza aplicada sobre el sistema de freno de servicio del vehículo a ensayar, se propone el empleo de un pisómetro: dinamómetro de pie. Consta de un output destinado a la conexión con una tarjeta de adquisición de datos.



Imagen 5. 2

5.2.3. Tarjeta de adquisición de datos

Ante la utilización de dos sensores como son el sistema inercial y el pisómetro, se tiene la necesidad de la utilización de un dispositivo de adquisición de datos (DAQ). La tarjeta escogida es una MX840B de HBM.

Tal y como se muestra en la imagen 5.3, el DAQ es el dispositivo conversor de las señales analógicas de los sensores en señales digitales enviadas al software del ordenador. [4]



Imagen 5. 3

Se deberán programar en el software propio del DAQ los canales necesarios para la adquisición de todos los parámetros necesarios. En este punto cabe destacar que los datos de velocidad y desplazamiento pueden configurarse como canales en función de la aceleración. Sin embargo, con el fin de no sobrecargar el sistema se ha decidido no implementarlos para obtener dichos valores de forma analítica durante el post procesado de los datos.

5.3. Adecuación e instalación de los dispositivos

Una vez tomada la decisión sobre la elección de los dispositivos para realizar el ensayo tipo 0, se procederá a su instalación en el vehículo. Según se ha explicado en el *punto 4.2* del presente documento se necesitarán dos dispositivos de medida y una tarjeta de adquisición de datos.

5.3.1. Fijación de los dispositivos

Se tenderá a valorar los lugares más adecuados del vehículo para la fijación de los instrumentos de medida, los cuales deberán estar exentos de vibraciones que puedan producir errores en los resultados aportados, y de campos magnéticos ante la utilización de un sistema GPS.

Respecto a la fijación, se valorará la solución más adecuada para conseguir una sujeción sólida de los dispositivos:

- El sistema inercial junto con el dispositivo GPS se instalarán en el plano longitudinal medio del propio vehículo, exento de campos magnéticos y vibraciones. La fijación se realizará mediante un adhesivo. Se tendrá que tener en cuenta la dirección fijada para los ejes según el fabricante.
- El pisómetro se instalará en el pedal del sistema de frenado. Sus dimensiones no abarcan una superficie que nos posibilite ejercer toda la fuerza sobre el dispositivo de medida. Para solventar dicha dificultad, se ha diseñado un adaptador para obtener una medida correcta del dispositivo y una firme sujeción al pedal, la cual se realizará a través de cinta velcroada.

5.3.1.1. Adaptador del pisómetro:

El diseño del adaptador (*Anexo IV*) ha sido realizado con motivo del presente proyecto, para solventar la cuestión del pisómetro anteriormente expuesta. Dicho adaptador consta de dos piezas:

- **Conjunto macho:** Se trata de una base de 60x40x10 (mm) con dos ranuras de 5x30 (mm) y un macizo de una altura de 15 (mm) y un diámetro de 26 (mm). Será la pieza sobre la cual se ejercerá la fuerza a aplicar sobre el sistema de frenado. Esta fuerza será transmitida por la pieza al pisómetro a través del macizo, elemento que incidirá sobre el sensor. A continuación, se muestran las vistas de alzado y planta de la pieza:

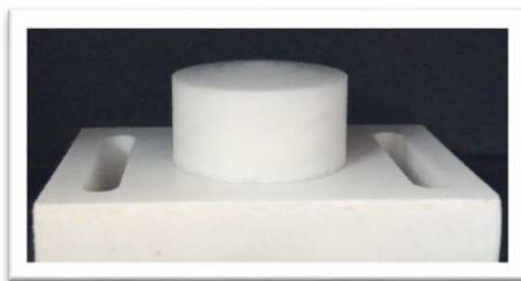


Imagen 5. 4: Alzado



Imagen 5. 5: Planta

- **Conjunto Camisa:** Se trata de una base de 60x40x10 (mm) con dos ranuras de 5x30 (mm) y una camisa de una altura de 25 (mm) y un diámetro de 26,5 (mm). Será la pieza que se posicionará sobre el pedal del freno y acogerá el sensor de medida de la fuerza de aplicación sobre el pedal de freno.



Imagen 5. 6: Alzado



Imagen 5. 7: Planta

5.3.2. Conexión de los dispositivos

A posteriori de la fijación, se procederá a la conexión de los dispositivos y del ordenador a la tarjeta de adquisición de datos.

La directiva 71/320/CEE del Reglamento 13 y 13H permite en la realización del ensayo la presencia de una segunda persona en el asiento del copiloto para la toma de datos. Así pues, dicha persona será la encargada de portar el ordenador en el cual se reflejará toda la información aportada por los dispositivos de medida.

A continuación, se muestra una representación orientativa sobre la colocación de los dispositivos sobre el vehículo antes de realizar el ensayo:

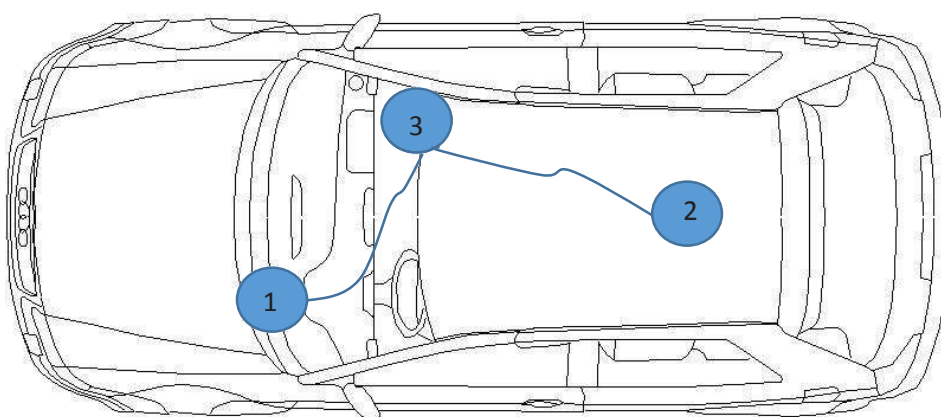


Imagen 5. 8: Esquema de instalación de la instrumentación en el vehículo

Número	Localización	Dispositivos	Parámetro de medida
1	Pedal del freno	Sensor	Fuerza ejercida
2	Eje longitudinal medio del vehículo, lugar exento de vibraciones y campos magnéticos	Sensor	Velocidades y distancias
3	Asiento del copiloto	DAQ y ordenador	

Tabla 5. 1

5.4. Valoración de las condiciones exigidas por el Reglamento 13 y 13H

El Reglamento 13 y 13H establecen una serie de condiciones que se deben revisar exhaustivamente para la correcta realización del ensayo.

Así pues, tras el proceso de fijación de los dispositivos en el vehículo y su conexión con el DAQ, se realizará una comprobación de las condiciones iniciales dictaminadas para el ensayo tipo 0 de vehículos M1 y N1. Este proceso quedará reflejado en la hoja de toma de datos del ensayo.

La hoja toma de datos es un documento interno que recogerá toda la información relacionada con el vehículo y con los ensayos realizados. Dicho documento se ha elaborado en función de lo dictaminado en el Reglamento 13 y 13H; su funcionalidad está destinada a testificar y verificar todos los parámetros del ensayo durante su realización (Anexo I).

Con los datos recogidos en la hoja de toma de datos se elabora el acta de ensayo que recoge la información que debe mandarse al Ministerio tal y como se indica en el Reglamento 13 y 13H.

5.4.1. Valoración de las condiciones iniciales del ensayo tipo 0

A continuación, se exponen las condiciones iniciales que se deben de cumplir antes de la realización del ensayo:

- Los neumáticos del vehículo a ensayar deben encontrarse fríos y a la presión prescrita por el fabricante:
 - Se considerará que los neumáticos se encuentran fríos si no se ha recorrido más de 5 kilómetros con ellos en las dos horas antes de medir la presión. [2].
 - Se medirá la presión de los neumáticos con un manómetro y se comprobará que es una presión dentro del rango dictaminado por el fabricante.
- El sistema de frenado debe encontrarse en frío [65° C, 100° C]:
 - Se medirá la temperatura de los discos de freno con un termómetro magnético y se comprobará que la temperatura es adecuada.
- La distribución de carga de los ejes deberá ser la dictaminada por el fabricante:
 - Se medirá la carga de cada uno de los dos ejes del vehículo a través de dos básculas digitales.
 - Se realizará el reparto de cargas adecuado para el ensayo en estado cargado del vehículo. (Anexo IV)
- La adherencia de los ejes deberá ser delantera:
 - Se realizará un ensayo de la secuencia de bloqueo de las ruedas y se comprobará que el primer eje de ruedas en bloquearse será el delantero. En caso de un primer bloqueo del eje de ruedas traseras, se someterá el vehículo a

un ensayo suplementario de la secuencia de bloqueo de las ruedas, o, a un ensayo de la rueda del par para determinar factores del freno y poder generar las curvas de utilización de adherencia.

- El coeficiente de adherencia del neumático (k) deberá encontrarse en el rango de valores comprendido de 0,2 a 0,8. La adherencia obtenida (ε) deberá ser menor a 1 (*Apendice 1, Anexo I*):
- Se comprobará que el fabricante del neumático nos ofrece estos valores de adherencia a una pista de ensayo de asfalto.
 - La pista deberá ser horizontal ($<3^\circ$):
- Se medirá la horizontalidad de la pista en 6 puntos diferentes con un inclinómetro.
 - Las condiciones climáticas deberán ser adecuadas:
- Se realizará el ensayo en ausencia total de viento. Se valorará la velocidad de viento del día del ensayo, siendo adecuada al ser inferior a 6,5 (m/s). Este valor límite se ha establecido en función de la velocidad del viento media en la región de Zaragoza.
 - En caso de disponer de freno eléctrico el vehículo, deberán encontrarse las baterías cargadas. Se considerará que se cumple dicha condición si el estado de la carga de las baterías es uno de los siguientes:
 - a) a la carga máxima recomendada por el fabricante en las especificaciones del vehículo;
 - b) a una carga mínima del 95 % de la carga máxima en aquellos casos en que el fabricante no haya efectuado recomendación específica alguna;
 - c) a la carga máxima resultante del control automático de la carga del vehículo.
 - En caso de disponer de sistema antibloqueo, se comprobará la ausencia de anomalías o de fallos eléctricos de dicho sistema:
- Se comprobará la ausencia de ninguna señal óptica amarilla referente al sistema de antibloqueo.

5.4.2. Valoración de las condiciones de la ejecución del ensayo

Comprobadas todas las condiciones iniciales dictaminadas por el Reglamento 13 y 13H para la realización del ensayo tipo 0, se procederá a su ejecución (*Punto 4.5*). La efectución del ensayo viene marcada por un conjunto de condiciones:

- Ausencia de vibraciones anormales durante la realización del ensayo.
- Ausencia del bloqueo de las ruedas durante la acción del sistema de frenado.
- Realización del ensayo con la relación más elevada del sistema de marchas.
- La trayectoria del vehículo no deberá superar una desviación mayor a un ángulo de 15º.
- El tiempo de respuesta del sistema de frenado, en caso de disponer de sistema de frenado eléctrico, no deberá ser superior a 6(s).
- Deberán realizarse hasta 6 paradas incluyendo la de familiarización, lo que hacen un total de 5 repeticiones del ensayo.
- En caso de disponer de sistema antibloqueo, se comprobará la ausencia de anomalías o de fallos eléctricos de dicho sistema. Ante una advertencia de fallo del sistema antibloqueo después de iniciar el movimiento del vehículo, se deberá producir su detención antes de alcanzar 10 (km/h).

5.5. Proceso de ejecución del ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1

La ejecución del ensayo se basará en la medición de los términos constituyentes de la ecuación del rendimiento de frenado y de la fuerza ejercida sobre el sistema de frenado. Este ensayo se realizará para dos estados de motor: Motor desembragado y motor embragado, a excepción de los vehículos cuya velocidad máxima no sea superior a los 125 (km/h) a los que solo se le realizará el ensayo con motor en estado desembragado. Para ambos casos el ensayo se deberá realizar con el coche cargado y con el coche descargado.

5.5.1. Caso1: Motor desembragado

- Se establecerá el vehículo en el estado cargado, es decir, con la máxima carga admisible por los ejes.

- Se encenderá el motor del coche y se iniciará la aceleración hasta alcanzar la velocidad prescrita para el ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1, 100 (km/h) siguiendo el Reglamento 13H; o, 80 (Km/h) siguiendo el Reglamento 13.
- Una vez alcanzada la velocidad prescrita, en ese instante se activará el sistema de frenado hasta alcanzar de manera progresiva, con la deceleración aplicada, una velocidad equivalente al 10% de la velocidad prescrita. En este punto finalizará el ensayo.
- Se volverá a repetir el ensayo del mismo modo, pero con el coche descargado.

5.5.2. Caso2: Motor embragado

- Se establecerá el vehículo en el estado cargado, es decir, con la máxima carga admisible por los ejes.
- Se encenderá el motor del coche y se iniciará la aceleración hasta alcanzar un 80% de la velocidad máxima del vehículo, siendo esta velocidad en el caso máximo 160 (km/h).
- Una vez alcanzada la velocidad dictaminada para el ensayo de motor embragado, se procederá a la activación del sistema de frenado aplicando una deceleración progresiva hasta alcanzar una velocidad equivalente al 10% de la velocidad máxima del vehículo. Instante donde finalizará el ensayo.
- Se volverá a repetir el ensayo del mismo modo, pero con el vehículo descargado.

5.6. Análisis de los datos procedentes de los dispositivos

Tras la ejecución del ensayo tipo 0 en los dos estados del motor, se procederá a la extracción y análisis de los datos del software del ordenador. Los resultados se notificarán en la hoja de toma de datos. De este modo, se deberán recoger los siguientes parámetros del ensayo:

Motor desembragado		
Parámetros	Vehículo cargado	Vehículo descargado
Temperatura del sistema de frenado		
Velocidad prescrita para el ensayo v1		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,8v1 (m)		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,1v1 (m)		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno (N)		

Tabla 5. 2

Motor embragado		
Parámetros	Vehículo cargado	Vehículo descargado
Temperatura del sistema de frenado		
Velocidad prescrita para el ensayo v1		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,8v1 (m)		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,1v1 (m)		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno (N)		

Tabla 5. 3

Con el objetivo de clarificar los datos, los resultados de cada una de las repeticiones se adjuntarán como anexo a dicha hoja de toma de datos, reflejando en esta última la media de todos los resultados.

Finalmente se comprobará que la distancia de frenado, la fuerza aplicada sobre el sistema de frenado y la deceleración media estabilizada se encuentran dentro de los límites mínimos dictaminados por el Reglamento 13 y 13H para otorgar la homologación del sistema de frenado:

- Reglamento 13H:

Motor desembragado		Motor embragado	
v prescrita	100 (km/h)	v prescrita	0,8 v _{max} <160(km/h)
s	$<0,1v+0,006v^2$ (m)	s	$<0,1v+0,0067v^2$ (m)
dm	$>6,43$ (m/s ²)	dm	$>5,76$ (m/s ²)
f	<650 (N)	f	<650 (N)

Tabla 5. 4

- Reglamento 13:

Motor desembragado		Motor embragado	
v prescrita	80 (km/h)	v prescrita	0,8 v _{max} <120(km/h)
s	$<0,15+v^2/130$ (m)	s	$<0,15+v^2/103,5$ (m)
dm	>5 (m/s ²)	dm	>4 (m/s ²)
f	<700 (N)	f	<700 (N)

Tabla 5. 5

6. Resultados del ensayo

En este apartado de la memoria, se procede a la exposición del análisis de la realización de una adaptación del ensayo tipo 0 de vehículos M1 y N1, con el fin de verificar el procedimiento propuesto y la metodología determinada anteriormente. (Anexo I).

Asimismo, este ensayo adaptado, servirá para revisar *in situ* la utilidad de la hoja de toma de datos generada, detectando así, posibles campos necesarios que se hayan obviado en la fase inicial de diseño de la misma. De este modo se trata de subsanar errores en la documentación generada correspondiente, facilitando la tarea del inspector que realice el ensayo tipo 0.

Atendiendo a esta finalidad se realizarán sólo los ensayos con el vehículo embragado y desembragado en estado descargado, no siendo necesario realizarlo cargado. Del mismo modo se simplificará el proceso de verificación de la documentación realizando únicamente dos ensayos para cada caso.

6.1. Adaptación del ensayo

La adaptación del ensayo tipo 0 se ha realizado ante la imposibilidad de ejecutar el ensayo en una pista idónea, con la suficiente longitud para alcanzar las velocidades predeterminadas por el Reglamento 13H. Se ha tomado de referencia el Reglamento 13H, ya que el ensayo se va a realizar sobre un vehículo de categoría M1.

6.1.1. Análisis de los límites del ensayo tipo 0

Ante dicha dificultad, se ha realizado un análisis de los límites mínimos del ensayo dictaminados por el Reglamento 13H, con el fin de adecuarlos a una velocidad de inicio del ensayo menor, como es 40(km/h).

A continuación, se muestran los límites del ensayo tipo 0 para la velocidad establecida por el Reglamento 13H:

Motor desembragado		Motor embragado	
v prescrita	100 (km/h)	v prescrita	0,8 v _{max} <160(km/h)
s	<0,1v+0,006v ² (m)	s	<0,1v+0,0067v ² (m)
dm	>6,43 (m/s ²)	dm	>5,76(m/s ²)
f	<650 (N)	f	<650 (N)

Tabla 6. 1

Estos límites de deceleración media estabilizada se deberán adecuar para la velocidad de nuestra adaptación del ensayo, que se había prefijado en ≈ 40 (km/h). Para ello, se realizan las relaciones de velocidad y distancia de frenado:

- Relación de velocidades (r_v) = $\frac{v'}{v}$ [Ec.6.1]
- Relación de distancia de frenado (r_s) = $\frac{s'}{s}$ [Ec.6.2]

Caso 1: Ensayo con motor desembragado

Ensayo con motor desembragado				
	Ensayo tipo 0	Adaptación	Relación de velocidades	Relación de distancia de frenado
Velocidad de ensayo	v=100 (km/h)	v'=40(km/h)	0,4	0,2
Distancia s	70 (m)	13,6 (m)		

Tabla 6.2

Caso2: Ensayo con motor embragado

Considerando la velocidad máxima de nuestro vehículo, Citroën Saxo, 175 (km/h), se establecen las siguientes relaciones:

Ensayo con motor embragado				
	Ensayo tipo 0	Adaptación	Relación de velocidades	Relación de distancia de frenado
Velocidad de ensayo	v=140 (km/h)	v'=40(km/h)	0,257	0,101
Distancia s	145,32 (m)	14,72 (m)		

Tabla 6. 3

6.1.2. Determinación de dm para el ensayo de adaptación

Recordando que la ecuación de la deceleración media estabilizada, es directamente proporcional a la resta de cuadrados de velocidades e inversamente proporcional a la resta de distancias de frenado:

$$dm = \frac{vb^2 - ve^2}{25,92(se - sb)} \quad [Ec. 6.3]$$

El cálculo de las nuevas deceleraciones medias estabilizadas se realizará introduciendo en la ecuación las relaciones anteriormente calculadas:

$$dm = \frac{r_v^2(vb^2 - ve^2)}{25,92 r_s(se - sb)} \quad [Ec. 6.4]$$

Deceleraciones medias estabilizadas (m/s^2)	
Motor desembragado	Motor embragado
5,14 (m/s^2)	3,76(m/s^2)

Tabla 6. 4

6.1.3. Determinación de f para el ensayo de adaptación

El rango de valores de la fuerza a aplicar se quedará reducido a un 40% de los valores dictaminados por el Reglamento 13 y 13H para la realización del ensayo tipo 0, para vehículo M1 y N1. Esta reducción, se aplica al realizar el ensayo a una velocidad equivalente al 40 % de la velocidad prescrita por la normativa.

<i>F del ensayo de adaptación</i>	26-200 (N)
--	------------

Tabla 6. 5

6.2. Realización del ensayo de adaptación tipo 0 para vehículos M1 y N1

El ensayo de adaptación se realizó siguiendo el procedimiento propuesto y aplicando la metodología del Reglamento 13 y 13H para los ensayos tipo 0 de vehículos M1 y N1. Dicha adaptación se realizó con el vehículo en estado descargado de carga.

La ejecución del ensayo se llevó a cabo en la vía K situada en el polígono de la ciudad del transporte de Zaragoza, junto a la localidad de San Juan de Mozarrifar. Se determinó dicha localización por la amplitud y poco tráfico de la vía.

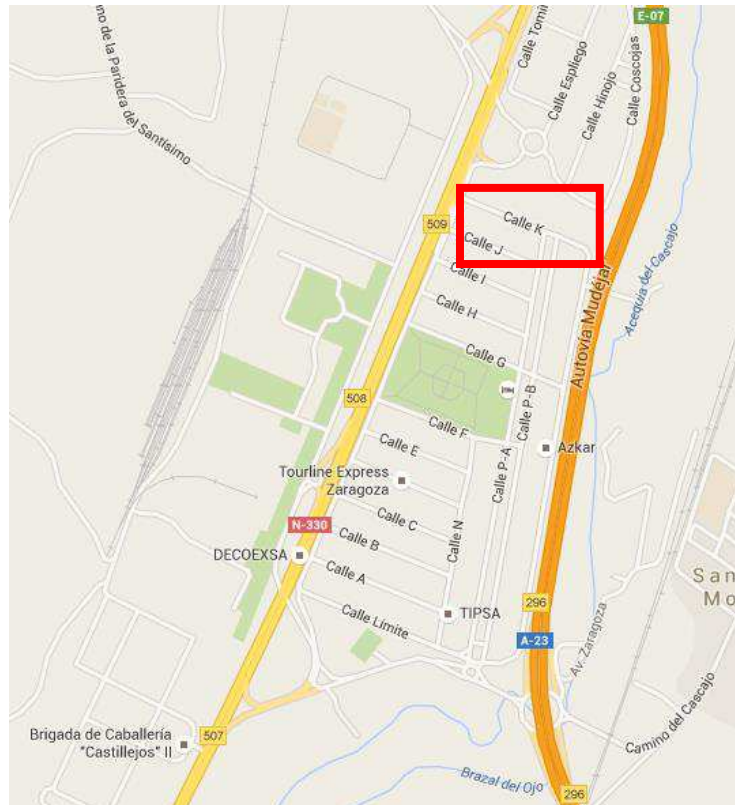


Imagen 6. 1; Mapa de situación del lugar de realización de la adaptación al ensayo.

6.2. Toma de datos previa a la realización del ensayo

Acorde al procedimiento propuesto en este documento, se realizó previamente a la ejecución del ensayo:

- Identificación del vehículo y descripción de sus características.
- Valoración de las condiciones iniciales exigidas por el Reglamento 13 y 13H.

6.2.1. Identificación del vehículo y descripción de sus características

DATOS DEL VEHÍCULO			
Matrícula	6294CHC	Autorizado a arrastrar remolque sin frenos	SI
Nº Bastidor	VF7S1KFWB57871200	Tipo de motor	0-KFW
Fabricante	CITROËN	Nº de marchas	5
Modelo	SAXO 14I SX 5P	Velocidad máxima por construcción (km/h)	175(Km/h)
Categoría	M1	Aceleración (m/s ²) de 0-100 (Km/h)	11,2

Tabla 6. 6

SISTEMA DE FRENADO	
Tipo de Sistema	Sistema de frenado por fricción; Frenos de disco. *No dispone de sistema antibloqueo.

Tabla 6 7.

DISTRIBUCIÓN DE MASAS	
Distribución de masas	Vehículo descargado
Eje 1	432
Eje2	416
Total	848

Tabla 6. 8

6.2.2. Valoración de las condiciones iniciales exigidas por el Reglamento 13 y 13H

CONDICIONES INICIALES			
Condiciones	ESTADO INICIAL	RANGO DE VALIDEZ	CHECK
Sistema de frenado en frío	40,7 °C	< [65,100] ° C	OK
Calzada horizontal	0,43 °	< 3°	OK
Ausencia de viento	5(m/s) [10]	< 6,5 (m/s)	OK
Neumáticos Fríos	SI	SI*	OK
Presión prescrita de neumáticos	2,2 bar	FABRICANTE**	OK

Tabla 6. 9

Calzada horizontal:

La comprobación de la horizontalidad de la calzada se realizó mediante la media de las medidas de 6 puntos de la pista de ensayo, tal y como se dictamina en el Reglamento 13H.

1	0,6°	4	0,2°
2	0,4°	5	0,5°
3	0,6°	6	0,3°

Tabla 6. 10

6.3. Instalación y conexión de los equipos

La instalación y conexión de los dispositivos determinados en el *Punto 5.2* se ha realizado acorde a lo establecido en el *Punto 5.3*:

- Ausencia de campos magnéticos y vibraciones.
- Sujeción sólida.

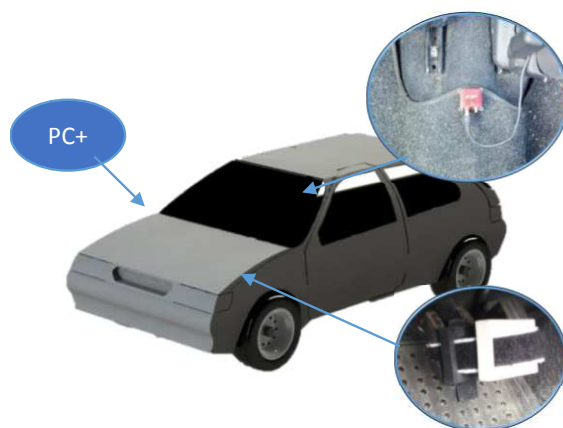


Imagen 6. 2: Esquema de la instalación de los equipos en el interior del vehículo

6.4. Valoración de las condiciones de la ejecución del ensayo

CONDICIONES DURANTE EL ENSAYO	
Condiciones	CHECK
Ausencia de bloqueo de las ruedas durante la acción del sistema de frenado	OK
Ausencia de vibraciones anormales durante la realización del ensayo	OK
Ensayo realizado con la relación más elevada del sistema de marchas	OK
La trayectoria del vehículo no ha superado una desviación superior a un ángulo de 15º	OK

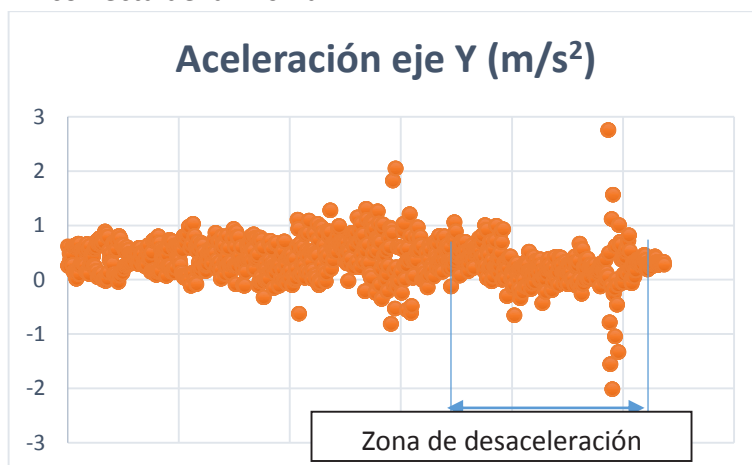
Tabla 6. 11: Verificación de las condiciones del ensayo

Ausencia de bloqueo de las ruedas durante la acción de frenado:

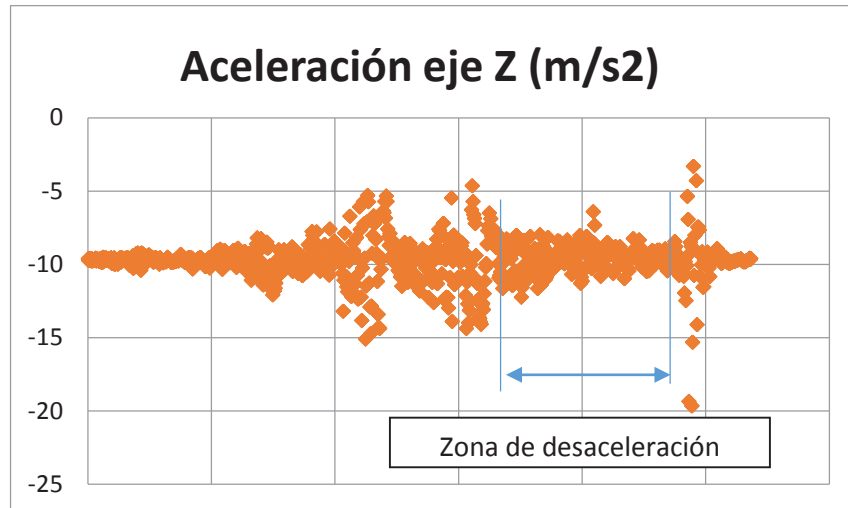
La obtención del eje de bloqueo se ha determinado mediante la observación, desde el exterior del vehículo, de la acción de frenada, tal y como se especifica en la reglamentación. Esta observación debe realizarse dos veces para determinar la secuencia de bloqueo de los ejes y una tercera en caso de duda. Debido a la baja velocidad a la que se ha realizado la prueba, no se observó el bloqueo de ninguno de los ejes

Ausencia de vibraciones anormales durante la realización del ensayo:

No se detectan amplitudes anómalas en las gráficas de las aceleraciones del eje Z e Y (correspondientes a los ejes vertical y transversal del vehículo respectivamente), obtenidas a partir de los datos del DAQ. Si bien es cierto que se observan mayores amplitudes en las zonas correspondientes al cambio de las marchas para alcanzar la velocidad prescrita y en la zona de frenado, no es así en la zona de desaceleración del vehículo, lo cual indicaría una anomalía en el sistema de frenado o una instalación incorrecta de la misma:



Gráfica 6. 1: Datos de aceleración del eje transversal del vehículo



Gráfica 6. 2: Datos de la aceleración en el eje vertical del vehículo

La trayectoria del vehículo no ha superado una desviación superior a un ángulo de 15°:

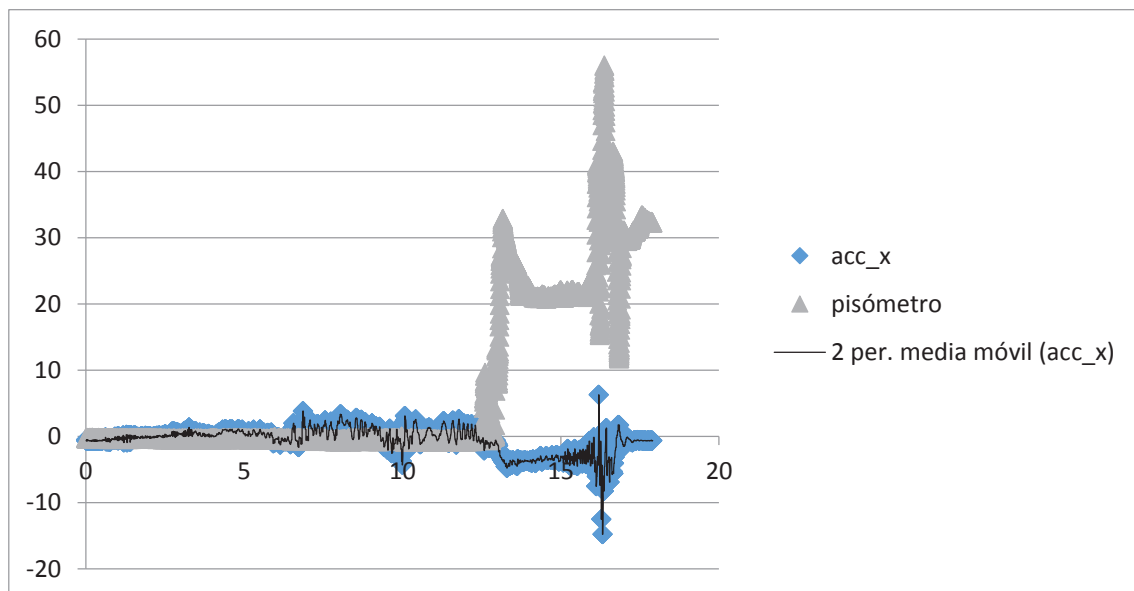
En ningún instante se detectó desviaciones superiores a 15°, a través del canal del DAQ destinado a la medición de la diferencia angular de la trayectoria del vehículo (YAW).

6.5. Análisis de los datos procedentes de los dispositivos

La tarjeta de adquisición de datos ha canalizado las señales analógicas de los sensores durante la ejecución del ensayo. Mediante los datos obtenidos de aceleración en el eje X respecto al tiempo y fuerza ejercida sobre el sistema de frenado, se realiza un análisis para obtener la deceleración media estabilizada y verificar si cumple los rangos establecidos para la adaptación del ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1.

6.5.1. Análisis del ensayo tipo 0 con motor embragado

6.5.1.1. Obtención de las funciones cinemáticas



Gráfica 6. 3: Representación de los canales relativos a la aceleración en el eje longitudinal del vehículo (azul) y los valores de fuerza en el pisómetro (gris).

El primer análisis sobre el conjunto de datos de nuestro Sistema Inercial es la observación de la tendencia de la función aceleración respecto al tiempo. A continuación, se representa la función aceleración y la fuerza ejercida respecto al tiempo:

Observando la gráfica anterior, se aprecian valores dispares a la línea de tendencia de la aceleración. Por ello, se realiza un tratamiento de los resultados del DAQ seleccionando solo los valores válidos del Sistema Inercial:

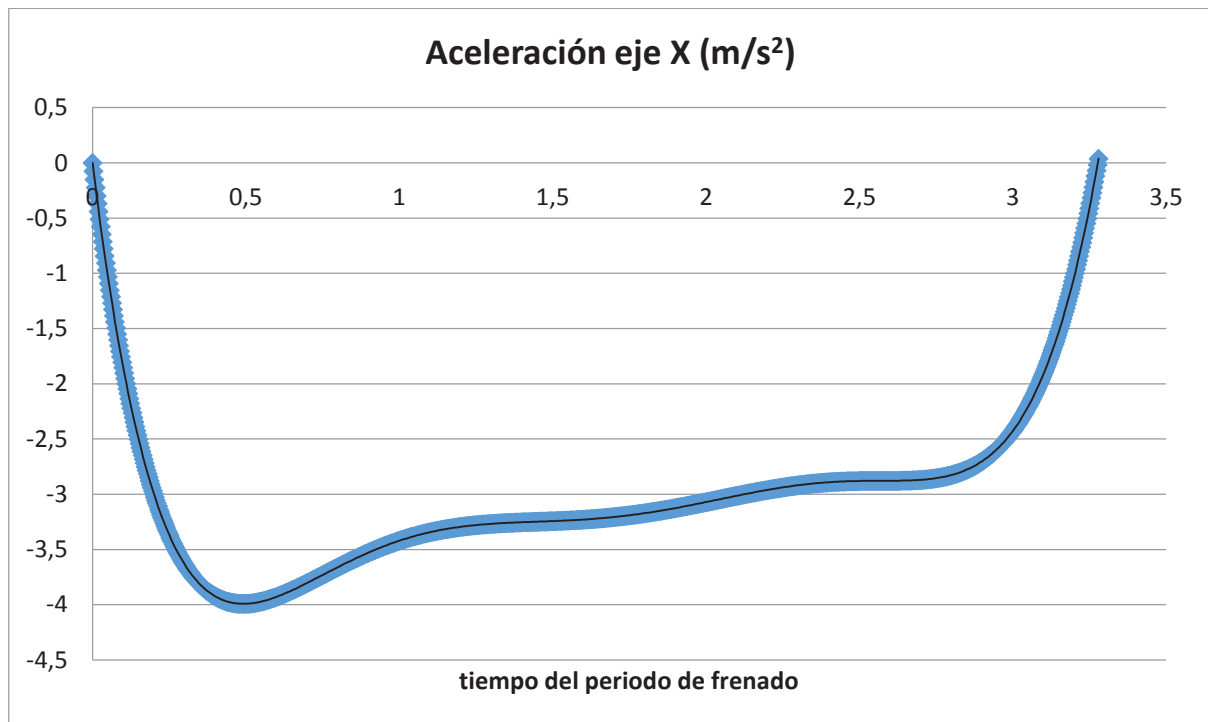
Siendo nuestro periodo de análisis desde el comienzo de la acción del sistema de frenado hasta la detención del vehículo, se procede a estudiar el rango determinado por:

- Inicio: Primer punto significativo de la fuerza de frenado.
- Final: Primer punto que la aceleración alcanza 0 (m/s²)

Con el conjunto de valores seleccionados, obtenemos aproximación del comportamiento del vehículo mediante una línea de tendencia de la aceleración durante el periodo de frenado:

$$a_x = 0,5585t^6 - 5,7099t^5 + 23,035t^4 - 46,307t^3 + 47,896t^2 - 22,893t + 2E - 08 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

[Ec.6.5]



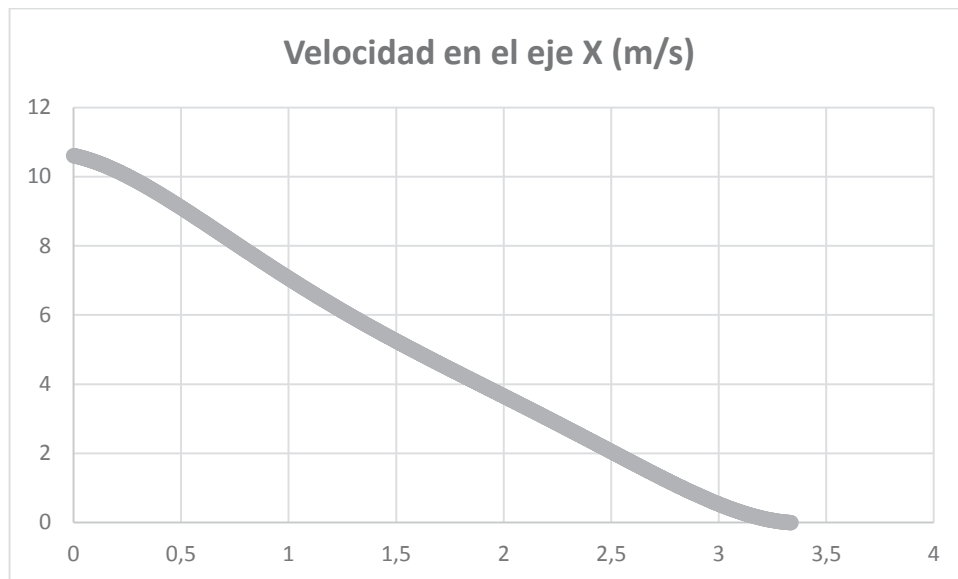
Gráfica 6. 4

Integrando la función de la aceleración respecto al tiempo, se obtiene la función de la velocidad, para una velocidad inicial 0 (m/s). Teóricamente, el instante inicial es la velocidad establecida para el ensayo de adaptación 40(km/h). Sin embargo, debido a las tolerancias del velocímetro, el vehículo alcanza la velocidad de 38,19 (km/h), es decir, 10,61 (m/s). Por ello, se rediseña la función velocidad para cumplir dicha condición de contorno:

$$v_x = 0,0797t^7 - 0,95165t^6 + 4,607t^5 - 11,57t^4 + 15,9653t^3 - 11,4465t^2 + 2E - 08t + 10,61 \text{ (m/s)}$$

[Ec.6.6]

Representando la velocidad para cada instante de tiempo se obtiene la siguiente gráfica en función del tiempo:

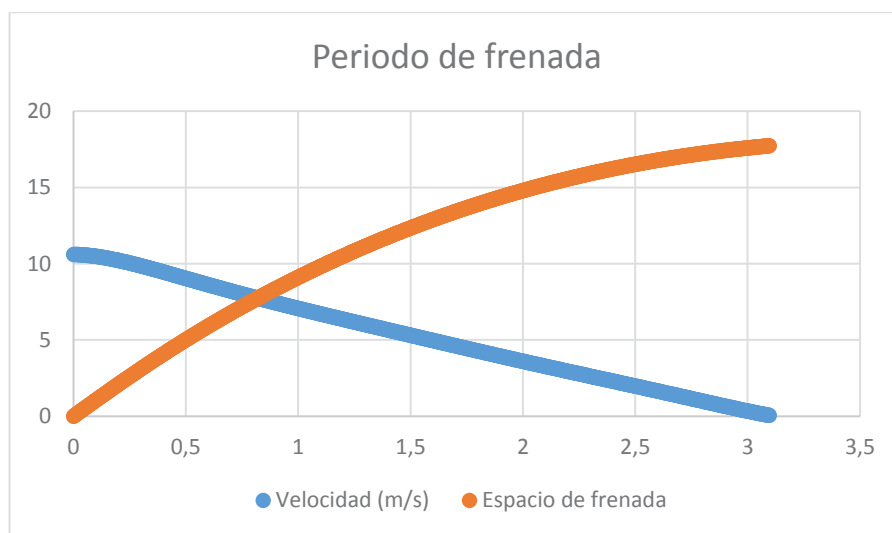


Gráfica 6. 5

nado respecto al tiempo

$$s = 0,0099625t^8 - 0,13595t^7 + 0,767833333333333t^6 - 2,314t^5 + 3,991325t^4 - 3,8155t^3 + 10^{-8}t^2 + 10,61t \text{ (m) [Ec.6.7]}$$

A continuación, se muestra una gráfica de ambas funciones cinemáticas respecto al tiempo en segundos:



Gráfica 6. 6

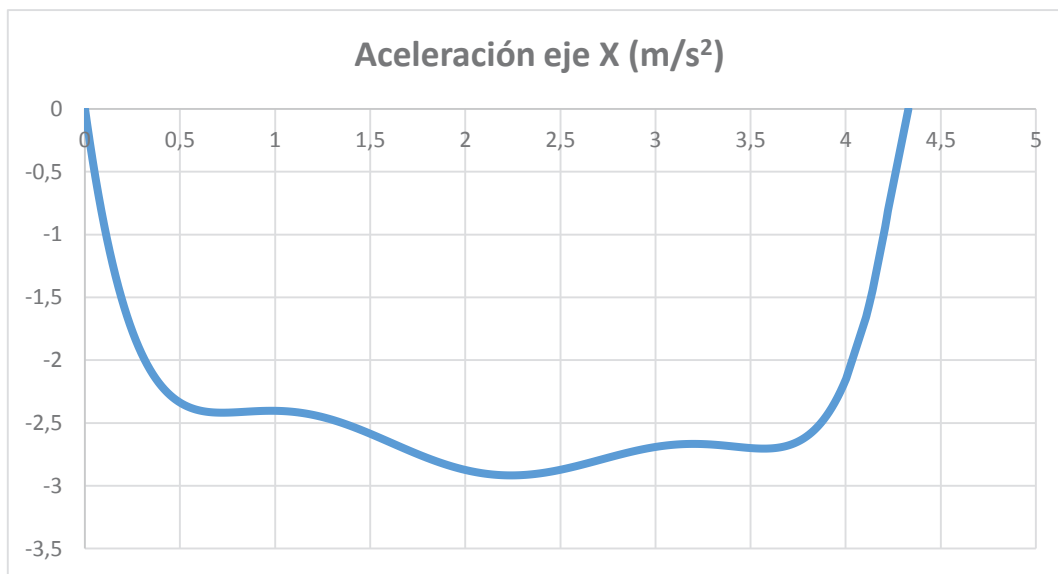
Localizando los puntos de las velocidades del ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1 (v_1 , v_b y v_e), se obtienen los parámetros de longitud de la ecuación de la deceleración media estabilizada:

VELOCIDAD		Espacios de frenada	
vb	8,88 (m/s)	sb	6,57 (m)
ve	1,11 (m/s)	se	16,8 (m)

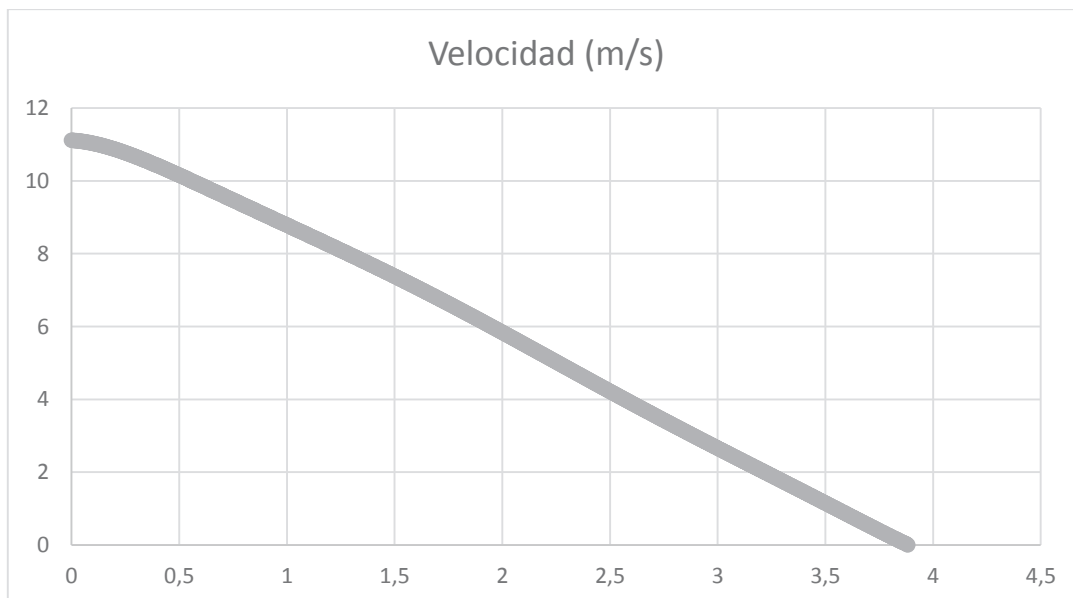
Tabla 6. 12

6.5.1.2. Verificación de los resultados

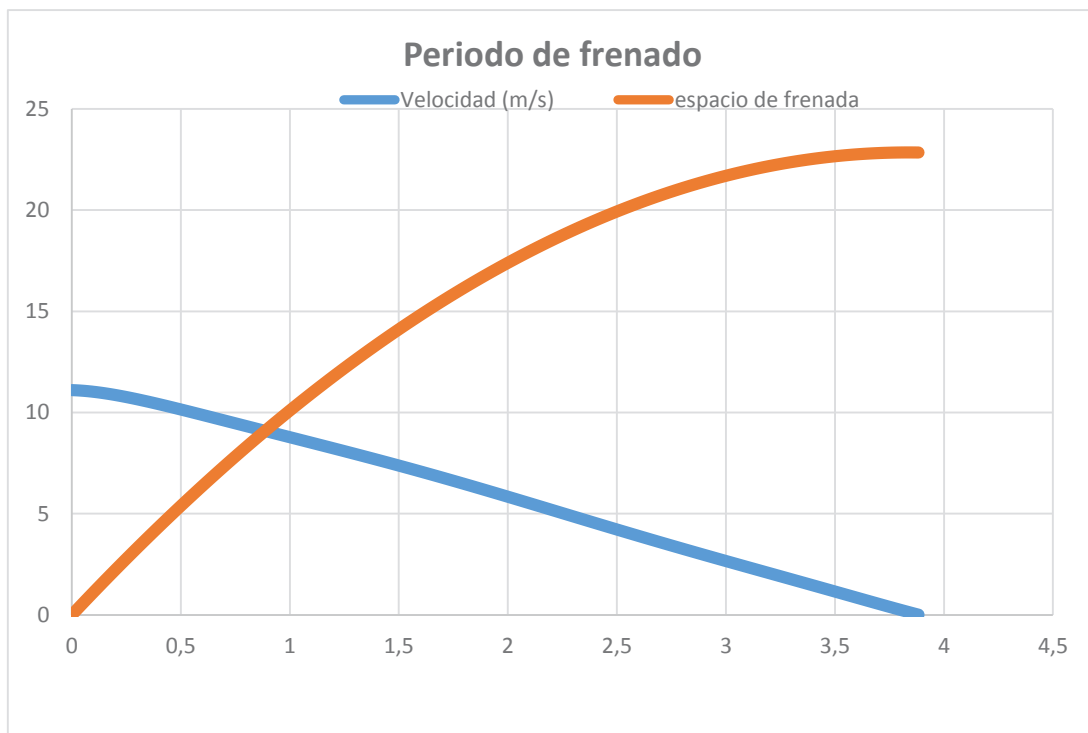
Como método de verificación, se volvió a realizar el ensayo en el mismo estado de condiciones que el anterior analizado. A continuación, se muestran las gráficas obtenidas de las funciones cinemáticas y las distancias de frenado obtenidas:



Gráfica 6. 7



Gráfica 6. 8



Gráfica 6. 9

A través de los valores de la gráfica del periodo de frenado obtenemos las distancias determinantes de la deceleración media estabilizada:

VELOCIDAD		Espacios de frenada	
vb	8,88 (m/s)	sb	11,58 (m)
ve	1,11 (m/s)	se	21,2(m)

Tabla 6. 13

Comparando los resultados de ambos ensayos con el motor embragado obtenemos unas funciones cinemáticas respecto al tiempo muy similares, este hecho de similitud también ocurre con los espacios de frenadas.

Tras verificar el análisis matemático de aproximación del ensayo, se procede a calcular la deceleración media de los ensayos. Tal y como se ha explicado en apartados anteriores de la memoria, la deceleración media estabilizada viene dada por la ecuación:

$$dm = \frac{vb^2 - ve^2}{25,92(se - sb)} \quad [Ec. 6.8]$$

6.5.1.3. Deceleraciones medias del obtenidas:

ENSAYO DE ADAPTACIÓN TIPO 0	dm (m/s ²)
Ensayo	3,8
Repetición del ensayo	4,04

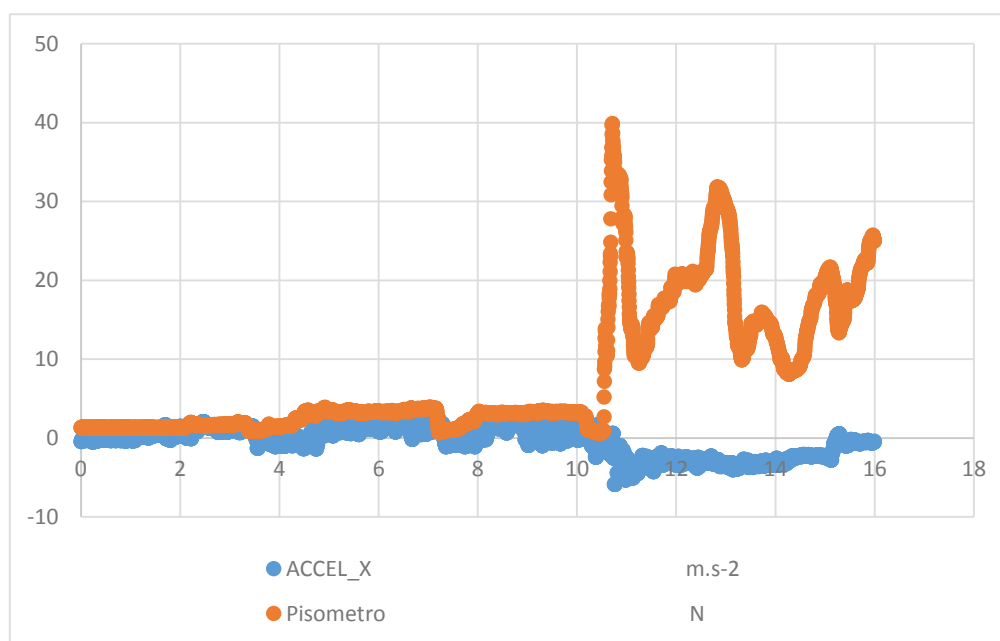
Tabla 6. 14

Considerando los límites establecidos para la adaptación del ensayo tipo 0, ambos ensayos realizados cumplen con el límite mínimo establecido de 3,76 (m/s²). Consecuente a estos resultados se verifica que el sistema de frenado ensayado es adecuado para la circulación en el caso del estado de motor embragado.

No obstante, la homologación del sistema de frenado mediante el ensayo tipo 0 requiere también la verificación mediante un ensayo con el motor en estado desembragado. Este análisis, se expone en el siguiente punto de la memoria.

6.5.2. Análisis del ensayo tipo 0 con motor desembragado

Tras realizar el análisis del ensayo con el motor embragado, se realiza el estudio del ensayo de frenado con el motor del vehículo desembragado. Asimismo, primero se realiza un estudio del conjunto de datos del Sistema Inercial durante el ensayo:



Gráfica 6. 10

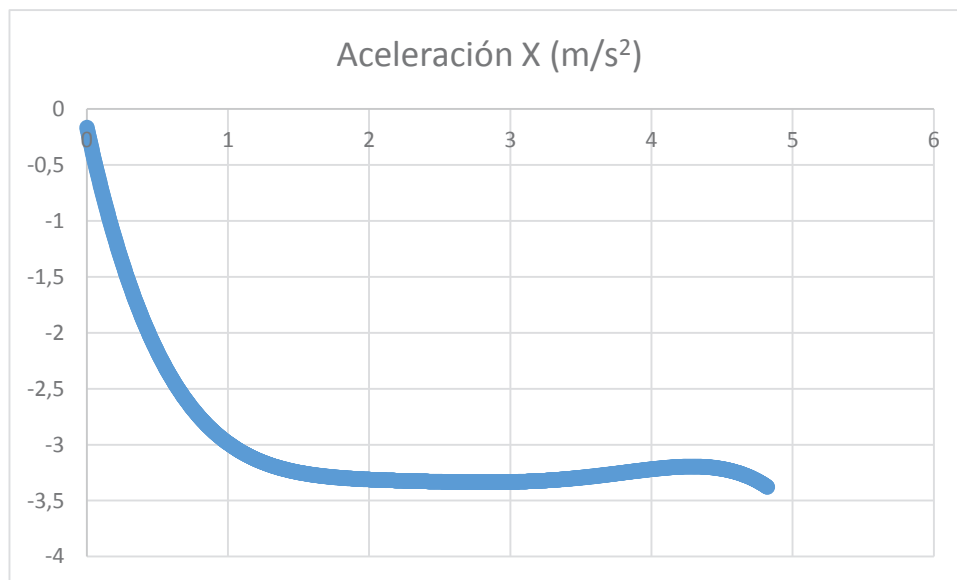
Primer punto significativo de la fuerza de frenado.

- Final: Comienzo del frenado abrupto producido por el desembragado.

Seleccionando los puntos de estudio de máximo interés para la verificación de un sistema de frenado adecuado, se obtiene la siguiente línea de tendencia de la aceleración en el eje X:

$$a_x = -0,0206t^5 + 0,2906t^4 - 1,5947t^3 + 4,3082t^2 - 5,806t - 0,1651 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

[Ec.6.9]

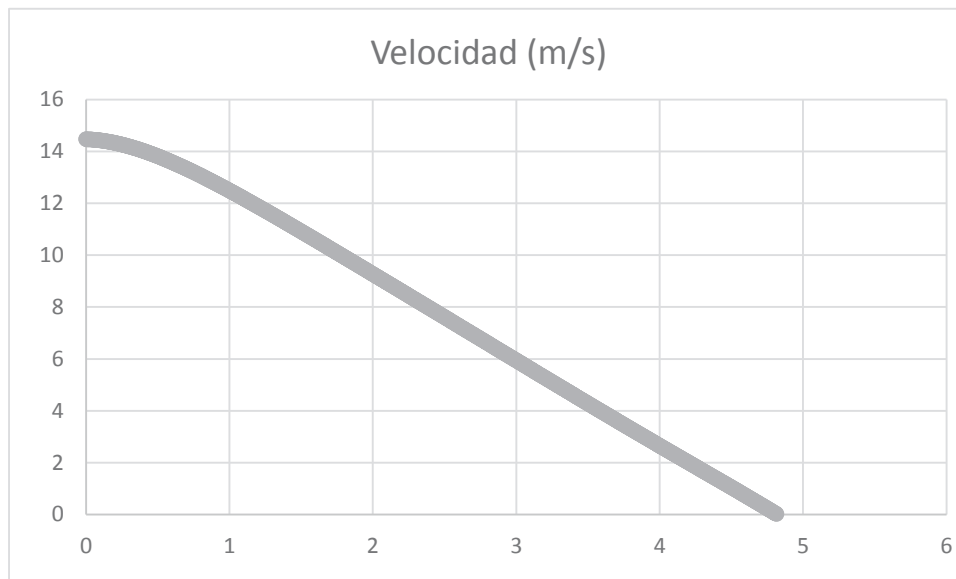


Gráfica 6. 11

Integrando la función de la aceleración respecto al tiempo, se obtiene la función de la velocidad, para una velocidad inicial 0 (m/s). Teóricamente, el instante inicial es la velocidad establecida para el ensayo de adaptación 40(km/h). Sin embargo, debido a las tolerancias del velocímetro, el vehículo alcanza la velocidad de 52,05 (km/h), es decir, 14,46 (m/s). Por ello, se rediseña la función velocidad para cumplir dicha condición de contorno:

$$V_x = -0,0034333333333333t^6 + 0,05812t^5 - 0,398675t^4 + 1,436066666666667t^3 - 2,903t^2 - 0,1651t + 14,46 \text{ (m/s)}$$

[Ec.6.10]

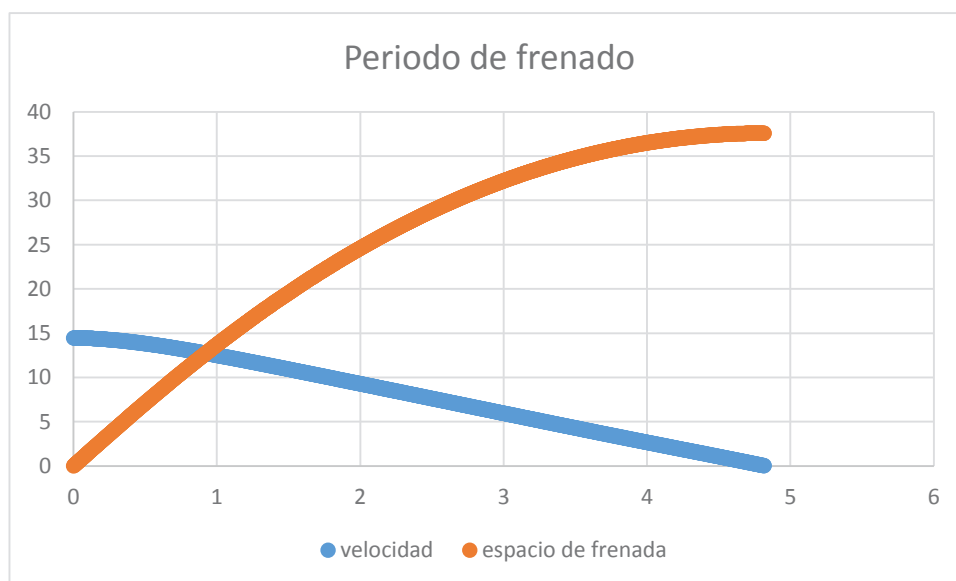


Gráfica 6.12

Integrando la función anterior se conoce la función del espacio de frenada respecto al tiempo:

$$s = -4,9047619047618571 \cdot 10^{-4}t^7 + 0,00968666666666667t^6 - 0,079735t^5 + 0,359016666666667t^4 - 0,967666666666667t^3 - 0,08255t^2 + 14,46t \text{ (m)} \text{ [Ec.6.11]}$$

Siendo la gráfica de la velocidad y del espacio en el periodo de frenada, tal y como se muestra en la siguiente gráfica, se localizan los puntos determinantes para calcular los espacios de frenada s_v y s_b de la ecuación de la deceleración media:



Gráfica 6.13

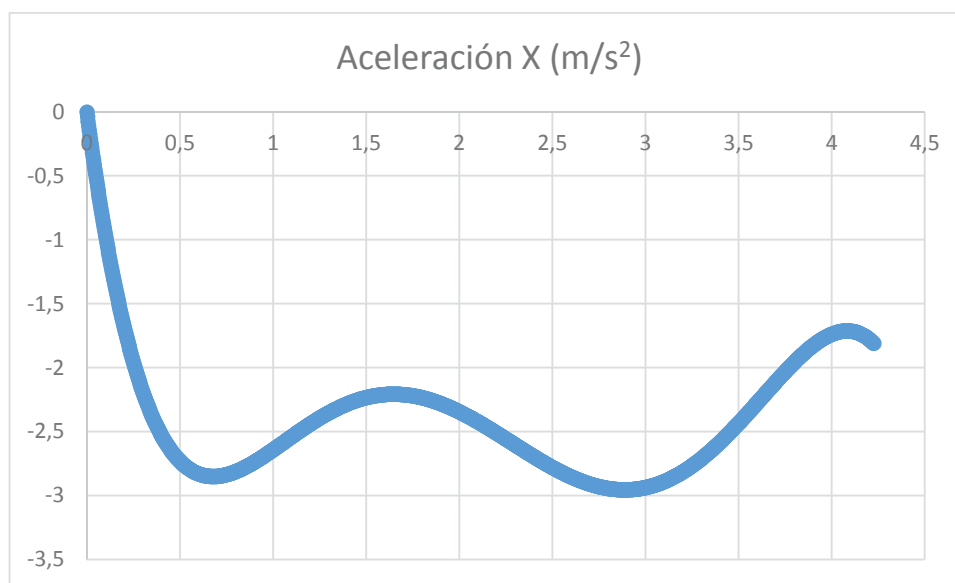
Localizando los puntos de las velocidades del ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1 (v_1 , v_b y v_e), se obtienen los parámetros de longitud de la ecuación de la deceleración media estabilizada:

VELOCIDAD		Espacios de frenada	
v_b	8,88 (m/s)	s_b	27,9 (m)
v_e	1,11 (m/s)	s_e	35,39 (m)

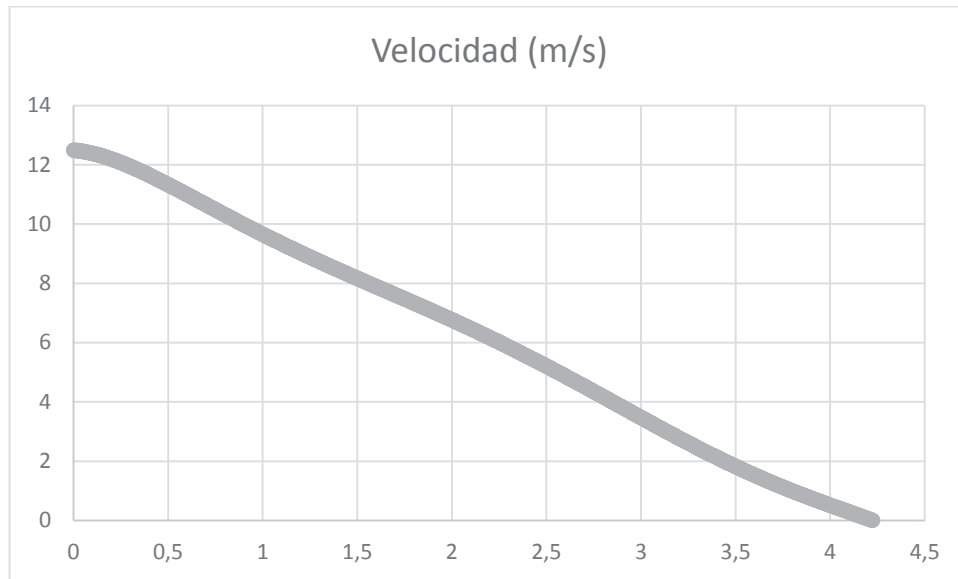
Tabla 6. 15

6.5.2.2. Verificación de los resultados

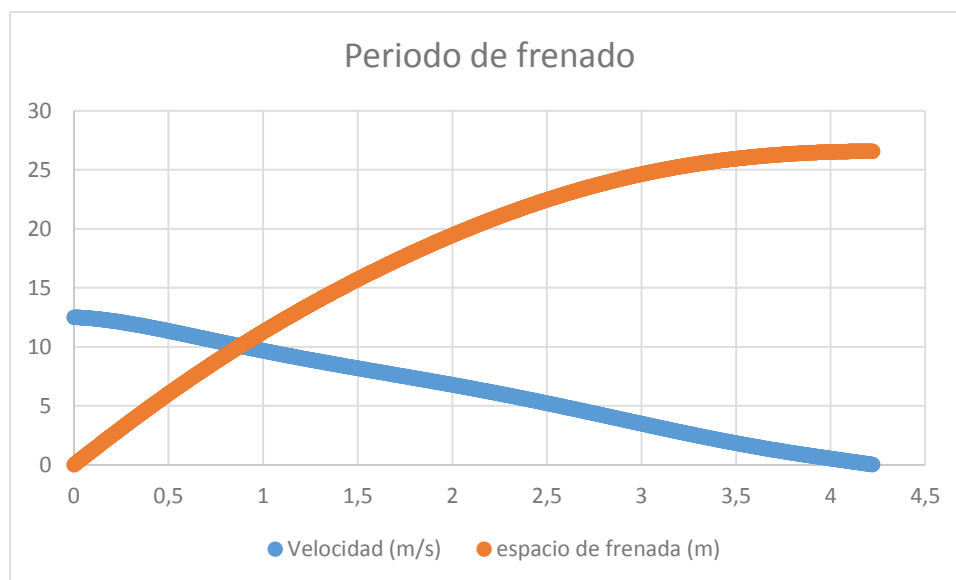
Como método de verificación, se volvió a realizar el ensayo en el mismo estado de condiciones que el anterior analizado. A continuación, se muestran las gráficas obtenidas de las funciones cinemáticas y las distancias de frenado obtenidas:



Gráfica 6. 14



Gráfica 6.15



Gráfica 6.16

A través de los valores de la gráfica del periodo de frenado obtenemos las distancias determinantes de la deceleración media estabilizada:

VELOCIDAD		Espacios de frenada	
vb	8,88 (m/s)	sb	16,82 (m)
ve	1,11 (m/s)	se	24,12(m)

Tabla 6.16

Comparando los resultados de ambos ensayos con el motor desembragado obtenemos unas funciones cinemáticas respecto al tiempo muy similares, este hecho de similitud también ocurre con los espacios de frenadas.

Tras verificar el análisis matemático de aproximación del ensayo, se procede a calcular la deceleración media de los ensayos. Tal y como se ha definido anteriormente, la deceleración media se determina:

$$dm = \frac{vb^2 - ve^2}{25,92(se - sb)} \quad [Ec. 6.12]$$

6.5.2.3. Deceleraciones medias del obtenidas:

ENSAYO DE ADAPTACIÓN TIPO 0	dm (m/s ²)
Ensayo	5,24
Repetición del ensayo	5,32

Tabla 6.17

Considerando los límites establecidos para la adaptación del ensayo tipo 0, ambos ensayos realizados cumplen con el límite mínimo establecido de 5,14 (m/s²). Acorde a estos resultados, se verifica que el sistema de frenado ensayado también es adecuado en el caso del estado de motor desembragado.

6.6. Validación de la documentación generada

Tanto el ensayo como el post procesado de los datos se ha realizado siguiendo el procedimiento y en base a la hoja de toma de datos que se diseñaron al inicio del proyecto. Como cabía esperar, se reveló durante el proceso, la ausencia de algunos campos necesarios para la completa valoración del ensayo como por ejemplo incluir los rangos de validez de las condiciones iniciales, insertar recordatorios del procedimiento para facilitar la tarea de los inspectores, así como incluir algunos campos que se habían dejado atrás, entre otros.

Los documentos definitivos, fruto de esta verificación son los que se exponen en el *Anexo I* del presente proyecto.

Atendiendo al reglamento, el presente ensayo debe realizarse también con el vehículo cargado. Dado que el objetivo de la prueba consistía únicamente en verificar la documentación, no ha sido necesario realizarlo en dicha condición. Para poder llevarlo a cabo se expone en el *Anexo IV* el estado de cargas del vehículo para dicha condición.

7. Conclusiones

El presente proyecto tenía como objetivo elaborar un procedimiento de ensayo de frenado tipo 0 para vehículos M1 y N1 en el ámbito de la actividad del Laboratorio de Automóviles del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza (LAIMUZ). Asimismo se debía proveer al laboratorio de la documentación y herramientas necesarias para la realización de dicho ensayo, facilitando así la tarea de los inspectores técnicos del laboratorio.

Se ha confeccionado el procedimiento del ensayo de frenado tipo 0 para vehículos M1 y N1, según las directrices dictaminadas en los Reglamentos 13 y 13H, referentes a la Directiva 2007/46/CE del Real Decreto 2028/1986. Este documento pasará a formar parte del Sistema de Gestión de Calidad del laboratorio, por lo que dicho procedimiento se adecúa además al formato establecido por LAIMUZ, así como su *modus operandi* basado en una base de datos de expedientes. A este respecto se puede decir entonces que se ha cumplido con el objetivo general del presente proyecto.

Durante el proceso de realización del proyecto, se han implementado las herramientas necesarias para el desempeño de la labor de los inspectores del laboratorio. Se ha elaborado una hoja de toma de datos que recoja todos los aspectos relativos a la realización del ensayo, desde las condiciones del ensayo hasta el post procesado de los datos, de una forma sencilla y comprensible. Además, se ha preparado una plantilla con todos los canales necesarios para la realización del ensayo.

Por último, se han realizado las adecuaciones para los dispositivos de medida a implementar en el ensayo. Adecuaciones tales como la fijación del pisómetro en el pedal del freno, o el sistema inercial en el eje longitudinal del vehículo. Para ello se ha diseñado un dispositivo de sujeción para el pisómetro, de forma que se adapte al pedal del freno de forma segura para los ocupantes del vehículo durante el proceso, sin interferir en la lectura de los datos. En el caso del sistema inercial se utilizó cinta velcrada. Ambos sistemas de fijación garantizan tanto la protección de los equipos, como la seguridad de los ocupantes del vehículo.

En vista de lo anterior, se puede concluir que se ha cumplido con los objetivos propuestos al inicio del proyecto y se han solventado los problemas surgidos durante todo el proceso.

Sin embargo, a pesar de haber alcanzado una solución óptima, existen todavía aspectos susceptibles de mejora, algunos de los cuales se exponen en el siguiente apartado.

7.1. Posibilidades futuras

Con este procedimiento se abre una serie de posibilidades de mejora, que pueden resultar de utilidad a la hora de su implementación para la homologación de un sistema de frenado mediante un ensayo tipo 0 en vehículos M1 y N1:

- La optimización del diseño del pisómetro en el pedal del sistema de frenado. Mediante un estudio analítico se podría diseñar un prototipo más compacto y de mejor adaptabilidad al propio pedal o estudiar, en un rango más amplio, el material más adecuado para su diseño.
- La realización del ensayo de secuencia de bloqueo de las ruedas y el ensayo de la rueda par mediante el cálculo numérico de las curvas de adherencia o de la utilización del frenómetro del que dispone el laboratorio en lugar de realizarlo por observación. Para ello se deberá poner a punto y calibrar dicho frenómetro para que proporcione resultados fiables.
- Simplificar el procesamiento de datos mediante la programación de canales en el software de adquisición de datos, que proporcione directamente la velocidad y la distancia recorrida. Se deberá optimizar la plantilla de canales confeccionada llegando a un compromiso entre número de canales y frecuencia de muestreo para evitar la sobrecarga del software que invalidaría el ensayo.
- Mejora del procesamiento de los datos mediante un filtro que suavice la señal de la aceleración para poder analizarla con más claridad.

8.Bibliografía

Referencias bibliográficas:

[1] DR. Santiago Baselga Ariño. *Manual teórico sobre reformas de vehículos, Primera edición*. págs. 8-9.

[2] Penabad, L. (2010). *Cómo llevar los neumáticos con la presión correcta*. *Noticias.coches.com*, <http://noticias.coches.com/consejos/como-llevar-los-neumaticos-con-la-presion-correcta/21482>

[3] *Atlaseolico.idae.es*, http://atlaseolico.idae.es/inc/get_map.php?pdf=spd30_es

[4] *What Is Data Acquisition? - National Instruments*. (2016). *Ni.com*, <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

[5] *Acetal, Delrin, Acetron, Ertacetal, Resal, Hostaform, Sustarin, Tecaform, Ensita, Ultraform, Hydrel, Hydrex, Pomalux, Turcite, Celcon, POM H, POM H, POM H-TF (Pom H + PTFE), POM H-TF (Pom H + PTFE)*,. (2016). *Plasticos-mecanizables.com*. http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_pom_H.html

[6] HBM, C. (2016). *C9C | HBM*. *Hbm.com*. <http://www.hbm.com/es/3928/c9c-transductor-de-fuerza-compacto/>

[7] HBM, Q. (2016). *QuantumX MX840B | HBM*. *Hbm.com*. <http://www.hbm.com/es/2129/quantumx-mx840b-amplificador-universal-de-ocho-canales/>

[8] *INFORMACION SOBRE LOS PRECIOS DE LA MATERIA PRIMA (plásticos polipropileno, termoplásticos, polietileno baja densidad, etc) - FEQPA*. (2016). *Feqpa.com*. <http://www.feqpa.com/index.php/noticias/economia/553-informacion-sobre-los-precios-de-la-materia-prima-plasticos>

[9] Marketizer.com, Q. (2016). *PRECIOS DE PMMA – Información Comercial / QuimiNet.com. Quiminet.com.* <http://www.quiminet.com/productos/pmma-38544840/precios.htm>

[10] Meteorología, A. (2016). *El Tiempo: Zaragoza (Zaragoza) – Predicción 7 días - Tabla - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España. Aemet.es* <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/zaragoza-id50297>

ANEXOS

Anexo I. Documentación

1.Documentación generada

La realización de un ensayo experimental requiere la necesidad de generar una documentación que nos aporte las condiciones a verificar, los datos a valorar y los pasos a seguir durante su ejecución.

Por ello, se ha generado la siguiente documentación:

- Hoja de toma de datos: Documento de uso directo por parte de los técnicos del laboratorio. En este documento se recoge toda la información referente al vehículo y su sistema de frenado, la verificación de las condiciones iniciales del ensayo y la comprobación de las condiciones de la ejecución del ensayo. Además, se inscriben todos los resultados del ensayo para realizar el análisis de verificación de la homologación.
- Acta de ensayo: Documento en el cual se recogen los datos del ensayo más significativos y los resultados obtenidos en su ejecución. Además, dicho documento, es enviado al ministerio en el proceso de otorgación de la homologación al vehículo.
- Procedimiento: Documento en el cual se detalla y se describe el procedimiento de un ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1. Dicho procedimiento se ha elaborado en función de lo dictaminado por el Reglamento 13 y 13H de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). Su destino es la utilización en el laboratorio, durante el proceso de ejecución de un ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1.

A continuación, se exponen estos tres documentos en el mismo orden de definición anterior:

A) HOJA DE TOMA DE DATOS

B) ACTA DE ENSAYO

C) PROCEDIMIENTO DE UN ENSAYO DE FRENADO TIPO 0

A) HOJA DE TOMA DE DATOS DE UN ENSAYO TIPO PARA VEHÍCULOS M1 Y N1

DATOS DEL VEHÍCULO				
ENTRADA			Autorizado a arrastrar remolque sin frenos	SI / NO
Matrícula			Tipo de motor	
Nº Bastidor			Nº de marchas	
Fabricante			Relaciones de transmisión	
Modelo			Velocidad máxima por construcción (km/h)	
Categoría	M1	N1	Aceleración máxima permitida por el motor (m/s ²)	
CARACTERÍSTICAS DEL NEUMÁTICO				
Fabricante			Diámetro de la llanta (pulgadas)	
Ancho (mm)			Capacidad de carga del neumático	
Serie técnica del neumático			Código de velocidad máxima del neumático	
Construcción	Radial	Diagonal	Masa del neumático o rueda de repuesto provisional	
SISTEMA DE FRENADO				
Tipo de Sistema	Sistema de frenado por fricción; Frenos de disco.			
Dispone de sistema antibloqueo	SI	NO	Categoría del sistema antibloqueo (en caso de disponer)	
Caso de vehículos con freno eléctrico				
Categoría de freno eléctrico	A	B		

ADHERENCIA DE LOS EJES						
Resultado del ensayo de la secuencia de bloqueo de las ruedas			EJE DELANTERO		EJE TRASERO	
<p><i>*En caso de un resultado de un primer bloqueo de ruedas traseras:</i></p> <p><i>i) Se somete el vehículo a ensayos suplementarios: Ensayo suplementario de la secuencia de bloqueo de las ruedas y ensayo de la rueda del par para determinar factores del freno para generar las curvas de utilización de la adherencia. Dichos ensayos se adjunta en el Apéndice 1.</i></p>						
DISTRIBUCIÓN DE MASAS			ADHERENCIA DE LA PISTA			
Masa del vehículo (kg)			Factores*	VALOR	RANGO DE VALIDEZ	CHECK
			k		[0,2 -0,8]	
			z		[0,1-0,61] J/g	
Distribución de masas	Vehículo cargado	Vehículo descargado	adherencia de la pista ϵ		<1	
Eje 1			k = Coef. Teórico de adherencia del neumático a la calzada z = Coef. Frenado del vehículo (J/g) ϵ = Adherencia	Se permite una tolerancia del 10 %.		
Eje2						
Total						
<p><i>* Se adjunta en el Apéndice 1, dentro del ensayo de la rueda del par, el procedimiento de cálculo de los factores k y z.</i></p>						
EQUIPOS NECESARIOS PARA EL ENSAYO						
Tipo de equipo				Referencia		

CONDICIONES INICIALES			
Condiciones	ESTADO INICIAL	RANGO DE VALIDEZ	CHECK
Sistema de frenado en frío		<[65,100] ° C	
Calzada horizontal		< 3º	
Ausencia de viento		< 6,5 (m/s)	
Neumáticos Fríos		SI*	
Presión prescrita de neumáticos		FABRICANTE**	
Baterías eléctricas cargadas en caso de disponer freno eléctrico		***	
Ausencia de anomalías o fallo eléctrico del sistema de antibloqueo en caso de disponer			
<i>**Neumáticos fríos: Esto significa que no deberán haber recorrido más de 3 a 5 kilómetros en las dos horas antes de medir la presión.</i>			
<i>**Presión prescrita por el fabricante viene descrita en el interior de la puerta del tanque de gasolina, en el marco de la puerta del conductor, en el manual del vehículo, o, en el compartimento del motor.</i>			
<i>***Se considerará que se cumple dicha condición si el estado de la carga de las baterías es uno de los siguientes:</i>			
<i>a) a la carga máxima recomendada por el fabricante en las especificaciones del vehículo;</i>			
<i>b) a una carga mínima del 95 % de la carga máxima en aquellos casos en que el fabricante no haya efectuado recomendación específica alguna;</i>			
<i>c) a la carga máxima resultante del control automático de la carga del vehículo.</i>			
CONDICIONES DURANTE EL ENSAYO			
Condiciones	CHECK		
Ausencia de bloqueo de las ruedas durante la acción del sistema de frenado			
Ausencia de vibraciones anormales durante la realización del ensayo			
Ensayo realizado con la relación más elevada del sistema de marchas			
La trayectoria del vehículo no ha superado una desviación superior a un ángulo de 15º			
Tiempo de respuesta del sistema de frenado, en caso de disponer de sistema de frenado eléctrico, no deberá ser superior a 6 (s)			
Ausencia de anomalías o fallo eléctrico del sistema de antibloqueo durante la realización del ensayo, en caso de disponer*			
<i>*Ante una advertencia de fallo del sistema antibloqueo después de iniciar el movimiento del vehículo, se deberá producir su detección antes de alcanzar los 10 (km/h).</i>			

RESULTADOS DEL ENSAYO DE FRENADA TIPO 0

Límites prescritos para la eficacia mínima:

Ensayo del tipo 0 con motor desembragado	REGLAMENTO 13H		REGLAMENTO 13
	v	100 (km/h)	80 (km/h)
	s≤	$0,1 v + 0,006 v^2$ (m)	$<0,15 + v^2/130$ (m)
	dm≥	6,43 (m/s ²)	>5 (m/s ²)
Ensayo del tipo 0 con motor embragado	v	80% v _{máx} ≤ 160 (km/h)	0,8 v _{max} <120(km/h)
	s≤	$0,1 v + 0,0067 v^2$ (m)	$<0,15 + v^2/103,5$ (m)
	dm≥	5,76 (m/s ²)	>4(m/s ²)
Fuerza del ensayo tipo 0	f	6,5-50 (daN)	<70 (daN)

v = velocidad de ensayo

s = distancia de frenado

dm = deceleración media estabilizada

f = fuerza ejercida sobre el pedal del freno en (daN)

v_{máx} = velocidad máxima del vehículo en(km/h)

***SEÑALIZACIÓN DE FALLO ELÉCTRICO EN EL SISTEMA ANTIBLOQUEO:**

En caso de que se produzca un único fallo eléctrico que afecte solamente a la función de antibloqueo, como indica la señal amarilla de advertencia anteriormente mencionada, la eficacia posterior del freno de servicio no será inferior al 80 % de la exigida con arreglo al ensayo del tipo 0 estando el motor desembragado.

Los límites prescritos para la eficacia mínima son:

- distancia de frenado: $s \leq 0,1 v + 0,0075 v^2$ (m)
- deceleración media estabilizada: $dm \geq 5,15$ (m/s²)

****VEHÍCULOS AUTORIZADOS A ARRASTRAR REMOLQUE SIN FRENOS:** La eficacia mínima durante el ensayo tanto el estado de motor embragado como desembragado no deberá ser inferior a 5,4 (m/s²). Los ensayos se podrán realizar con la ausencia del remolque sin frenos.

Resultados del ensayo (Tarjeta de obtención de datos)

**Si la velocidad máxima del vehículo no supera los 125 (km/h) sólo se realizará el ensayo de motor desembragado*

Motor embragado

Parámetros	Vehículo cargado	Vehículo descargado
Temperatura del sistema de frenado		
Velocidad prescrita para el ensayo v1		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,8v1 (m)		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,1v1 (m)		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno (N)		

Motor desembragado

Parámetros	Vehículo cargado	Vehículo descargado
Temperatura del sistema de frenado		
Velocidad prescrita para el ensayo v1		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,8v1 (m)		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,1v1 (m)		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno (N)		

OBSERVACIONES

Ensayo realizado por:

Tras la realización del ensayo se dictamina que el sistema de frenado.....para su homologación

CUMPLE
/NO
CUMPLE

En _____ a _ de ____ de 20__

LABORATORIO DE AUTOMÓVILES
DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZAEscuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Fdo:

Apéndice 1

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE LA SECUENCIA DE BLOQUEO DE LAS RUEDAS

Se realizará un accionamiento del sistema de frenado a la velocidad correspondiente según el coeficiente de frenado.

Cada ejecución del ensayo se repetirá una vez para confirmar la secuencia de bloqueo de la rueda: si uno de los dos resultados no se ajusta a lo prescrito, se procederá a una tercera ejecución en las mismas condiciones, que servirá para tomar una decisión.

- La fuerza sobre el pedal aumentará siguiendo un índice lineal de manera que el bloqueo del primer eje se produzca entre medio (0,5) y uno y medio (1,5) segundos del accionamiento del pedal.

- Se soltará el pedal cuando se bloquee el segundo eje, cuando la fuerza ejercida sobre el pedal alcance 1 kN o 0,1 s después del primer bloqueo (cuando se produzca la primera de estas circunstancias).

CONDICIONES INICIALES

Condiciones	CHECK
Coeficiente de frenado entre 0,15 y 0,8	
Temperatura inicial de los frenos entre 65°C y 100°C	

CONDICIONES DEL ENSAYO

Condiciones	CHECK
Velocidad del ensayo a 65 (km/h) si el coeficiente de frenado es $\leq 0,5$	
Velocidad del ensayo a 100 (km/h) si el coeficiente de frenado es $> 0,5$	

DATOS DEL ENSAYO

VEHÍCULO CARGADO

Parámetros	Valores
Fuerza ejercida sobre el pedal	
Velocidad angular de cada rueda	

VEHÍCULO DESCARGADO

Parámetros	Valores
Fuerza ejercida sobre el pedal	
Velocidad angular de cada rueda	

RESULTADO DEL ENSAYO

NÚMERO DE EJECUCIÓN	PRIMER EJE BLOQUEADO
PRIMERA	DELANTERO / TRASERO
SEGUNDA	DELANTERO / TRASERO
TERCERA*	DELANTERO / TRASERO
<p><i>* Solo se realizará en el caso de resultados distintos entre la primera y segunda ejecución</i></p> <p><i>**Si el vehículo cumple uno de los criterios siguientes, habrá cumplido el requisito de la secuencia de bloqueo de las ruedas:</i></p> <p><i>i) Ningún bloqueo de las ruedas.</i></p> <p><i>ii) Ambas ruedas del eje delantero y una o ninguna rueda del eje trasero se bloquean.</i></p> <p><i>iii) Se bloquean ambos ejes a la vez.</i></p>	

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE LA RUEDA DE PAR

Se realizará el ensayo con el motor en estado desembragado.

Fuerza sobre el pedal: la fuerza sobre el pedal aumentará a un índice lineal de entre 100 y 150 N/s en el ensayo a 100 km/h de velocidad o entre 100 y 200 N/segundo en el ensayo a 50 km/h de velocidad hasta el bloqueo del primer eje o hasta que la fuerza sobre el pedal sea de 1 kN (lo que se produzca primero).

Número de ensayos: estando el vehículo descargado, se efectuarán cinco paradas a una velocidad de 100 km/h y cinco paradas a una velocidad de 50 km/h alternándose entre las dos velocidades de ensayos después de cada parada. Con el vehículo cargado, se harán otras cinco paradas a cada una de las velocidades de ensayo alternando entre las dos velocidades de ensayo.

Cálculo del coeficiente de frenado del vehículo en función de la presión del circuito de frenado delantero aplicando la ecuación siguiente:

$$z = \frac{T1 + T2}{P \cdot g}$$

siendo:

z = coeficiente de frenado a una presión del circuito de frenado delantero determinada

T 1 , T 2 = fuerzas de frenado en los ejes delantero y trasero respectivamente, que corresponden a la misma presión del circuito de frenado delantero. (Valores medios de cada accionamiento de frenado).

P = masa del vehículo.

Cálculo de la adherencia utilizada en cada eje en función del coeficiente de frenado aplicando la fórmula siguiente:

$$f1 = \frac{T1}{P1 + \frac{z \cdot h \cdot P \cdot g}{E}}$$

$$f2 = \frac{T2}{P2 - \frac{z \cdot h \cdot P \cdot g}{E}}$$

E= distancia entre ejes

P1= masa del eje 1

P2=masa del eje 2

Ambas funciones se representarán en función de z frente al coeficiente teórico de adherencia (k).

Resultado del ensayo:

Se determinará si se tiene adherencia delantera si la curva referente a dicho eje (f1) se sitúa por encima de la curva referente al eje trasero (f2) y viceversa.

RESULTADOS DEL ENSAYO

Parámetros	Valor
z	
Adherencia de eje	DELANTERA / TRASERA

Apéndice 2

PROCEDIMIENTO DE SUPERVISIÓN DEL ESTADO DE LA CARGA DE LAS BATERÍAS

El procedimiento requiere la utilización de un vatímetro bidireccional para corriente continua.

PROCEDIMIENTO:

i) Si las baterías son nuevas o han sido sometidas a un almacenamiento prolongado, se les aplicarán los ciclos recomendados por el fabricante. Una vez concluidos los ciclos, se las dejará en estabilización térmica un mínimo de 8 horas a temperatura ambiente.

ii) La carga total se determinará mediante el procedimiento de carga recomendado por el fabricante.

iii) Cuando se realicen el ensayo de frenado, los vatios-hora consumidos por los motores de propulsión y los suministrados por el sistema de frenado con recuperación de energía se registrarán como total acumulado, el cual se utilizará para determinar el estado de carga existente al inicio o al final de un ensayo concreto.

B) ACTA DE ENSAYO DE FRENADA TIPO 0 PARA VEHÍCULOS M1 Y N1

Descripción del tipo de vehículo:

Denominación comercial o marca del vehículo:

Categoría y tipo de vehículo según Reglamento 13 y 13H: (M1/N1)

Frenos Fríos: (Si/No) *(Al inicio del ensayo)*

Presión de los neumáticos prescrita por el fabricante:

Velocidad máxima permitida por el motor:

Máxima deceleración media estabilizada (dm):

	Motor embragado	
	Vehículo cargado	Vehículo descargado
Velocidad del ensayo (m/s)		
Distancia de frenado (m)		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,8v1 (m)		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,1v1 (m)		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno (N)		
Fuerza de frenado residual en la periferia de las ruedas (N)		
Duración (s)		

	Motor desembragado	
	Vehículo cargado	Vehículo descargado
Velocidad del ensayo (m/s)		
Distancia de frenado (m)		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,8v1 (m)		
Espacio recorrido desde v1 hasta 0,1v1 (m)		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno (N)		
Fuerza de frenado residual en la periferia de las ruedas (N)		
Duración (s)		

C) PROCEDIMIENTO DE UN ENSAYO DE FRENADO TIPO 0

Categorías de vehículos M1 Y N1

Índice:

1.Objeto del procedimiento	64
2. Desarrollo del procedimiento.....	64
2.1. Identificación del vehículo y descripción de sus características.....	64
2.2. Determinación de la instrumentación	64
2.2.1. Adecuación e instalación de los dispositivos	65
2.3. Valoración de las condiciones exigidas por el Reglamento 13 y 13H.....	21
2.3.1. Valoración de las condiciones iniciales del ensayo tipo 0.....	21
2.3.2. Valoración de las condiciones de la ejecución del ensayo.....	23
2.4. Proceso de ejecución del ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1.....	23
2.4.1. Caso1: Motor desembragado.....	23
2.4.2. Caso2: Motor embragado	24
2.5. Análisis de los datos procedentes de los dispositivos	24

1.Objeto del procedimiento

El presente documento se ha elaborado para seguir el procedimiento de realización de un ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1 dictaminado por el Reglamento 13 y 13H de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE).

2. Desarrollo del procedimiento

2.1. Identificación del vehículo y descripción de sus características

Inicialmente, antes de proceder a realizar cualquier valoración sobre la ejecución del ensayo, se deberá identificar el vehículo a ensayar y notificar en la hoja de toma datos las siguientes reseñas:

- Matrícula.
- Nº Bastidor.
- Fabricante.
- Modelo.
- Categoría del vehículo.
- Autorización a arrastrar remolque sin frenos.
- Tipo de motor.
- Número de marchas.
- Relaciones de transmisión.
- Velocidad máxima de construcción.
- Contraseña de homologación.

2.2. Determinación de la instrumentación

El ensayo de frenada tipo 0 exige el registro apropiado de los parámetros necesarios tanto para la obtención de la eficacia del sistema de frenado como para la comprobación de todas las condiciones exigidas por el Reglamento 13 y 13H.

Para determinar que instrumentación utilizar, se exponen a continuación los parámetros exigidos por el Reglamento 13 y 13H a determinar para obtener la deceleración media estabilizada, dm:

- La velocidad, v_1 , en el momento de la activación del mando de dispositivo de frenado (km/h). *(Punto 1.1.2. del Anexo 3 del Reglamento 13H).*
- La velocidad del vehículo a $0,8 \cdot v_1$ (km/h). *(Punto 1.1.2. del Anexo 3 del Reglamento 13H).*
- La velocidad del vehículo a $0,1 \cdot v_1$ (km/h). *(Punto 1.1.2. del Anexo 3 del Reglamento 13H).*

- La distancia recorrida entre v_1 y v_b . (*Punto 1.1.2. del Anexo 3 del Reglamento 13H*).
- La distancia recorrida entre v_1 y v_e . (*Punto 1.1.2. del Anexo 3 del Reglamento 13H*).

La desaceleración media estabilizada podrá determinarse con otros métodos distintos de la medición de la velocidad y la distancia; en tal caso, la precisión de la desaceleración media estabilizada deberá ser del $\pm 3 \%$. Los dispositivos de medición que deberán cumplir un margen de tolerancia de $\pm 1\%$.

Otro parámetro a obtener y notificar en la posterior acta de ensayo será la fuerza ejercida sobre el pedal de freno. (*Punto 2.1.1. del Anexo 3 del Reglamento 13H*).

Los resultados obtenidos deberán registrarse en el expediente relativo a cada vehículo. Todos los equipos utilizados deberán indicarse explícitamente en dicho expediente.

2.2.1. Adecuación e instalación de los dispositivos

Una vez tomada la decisión sobre la elección de los dispositivos para realizar el ensayo tipo 0, se procederá a su instalación en el vehículo.

Se tenderá a valorar los lugares más adecuados del vehículo para la fijación de los instrumentos de medida, los cuales deberán estar exentos de vibraciones que puedan producir errores en los resultados aportados, y de campos magnéticos si disponen de sistema GPS. Respecto a la fijación, se valorará la solución más adecuada para conseguir una fijación sólida y segura de los dispositivos.

La directiva 71/320/CEE del Reglamento 13 y 13H permite en la realización del ensayo la presencia de una segunda persona en el asiento del copiloto para la toma de datos. Así pues, dicha persona será la encargada de portar los equipos necesarios para la recogida de los datos relativos al ensayo.

2.3. Valoración de las condiciones exigidas por el Reglamento 13 y 13H

El Reglamento 13 y 13H establecen una serie de condiciones que se deben cumplir exhaustivamente para la correcta realización del ensayo.

Así pues, se realizará una comprobación de las condiciones iniciales dictaminadas para el ensayo tipo 0 de vehículos M1 y N1. Este proceso quedará reflejado en la hoja de toma de datos del ensayo.

2.3.1. Valoración de las condiciones iniciales del ensayo tipo 0

A continuación, se exponen las condiciones iniciales que se deben de cumplir antes de la realización del ensayo:

- Los neumáticos del vehículo a ensayar deben encontrarse fríos y a la presión prescrita por el fabricante.
- El sistema de frenado debe encontrarse en frío [65° C, 100° C].
- La distribución de carga de los ejes deberá ser la dictaminada por el fabricante.
- El coeficiente de adherencia del neumático (k) deberá encontrarse en el rango de valores comprendido de 0,2 a 0,8. La adherencia obtenida (ϵ) deberá ser menor a 1.
- La pista deberá ser horizontal (<3°).
- Las condiciones climáticas deberán ser adecuadas:
 - Se realizará el ensayo en ausencia total de viento. Se valorará la velocidad de viento del día del ensayo, siendo adecuada al ser inferior a 6,5 (m/s).
- En caso de disponer de freno eléctrico el vehículo, deberán encontrarse las baterías cargadas. Se considerará que se cumple dicha condición si el estado de la carga de las baterías es uno de los siguientes:
 - a) a la carga máxima recomendada por el fabricante en las especificaciones del vehículo;
 - b) a una carga mínima del 95 % de la carga máxima en aquellos casos en que el fabricante no haya efectuado recomendación específica alguna;
 - c) a la carga máxima resultante del control automático de la carga del vehículo.
- En caso de disponer de sistema antibloqueo, se comprobará la ausencia de anomalías o de fallos eléctricos de dicho sistema.

2.3.2. Valoración de las condiciones de la ejecución del ensayo

Comprobadas todas las condiciones iniciales dictaminadas por el Reglamento 13 y 13H para la realización del ensayo tipo 0, se procederá a su ejecución (*Punto 2.4*). La efectucción del ensayo viene marcada por un conjunto de condiciones:

- Ausencia de vibraciones anormales durante la realización del ensayo.
- Ausencia del bloqueo de las ruedas durante la acción del sistema de frenado.
- Realización del ensayo con la relación más elevada del sistema de marchas.
- La trayectoria del vehículo no deberá superar una desviación mayor a un ángulo de 15º.
- El tiempo de respuesta del sistema de frenado, en caso de disponer de sistema de frenado eléctrico, no deberá ser superior a 6(s).
- En caso de disponer de sistema antibloqueo, se comprobará la ausencia de anomalías o de fallos eléctricos de dicho sistema. Ante una advertencia de fallo del sistema antibloqueo después de iniciar el movimiento del vehículo, se deberá producir su detención antes de alcanzar 10 (km/h).

2.4. Proceso de ejecución del ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1

La ejecución del ensayo se basará en la medición de los términos constituyentes de la ecuación del rendimiento de frenado y de la fuerza ejercida sobre el sistema de frenado. Este ensayo se realizará para dos estados de motor: Motor desembragado y motor embragado. Para ambos casos el ensayo se deberá realizar con el coche cargado y con el coche descargado.

2.4.1. Caso1: Motor desembragado

CARGADO (máxima CARGA admisible por los ejes)

- Se encenderá el motor del coche y se iniciará la aceleración hasta alcanzar la velocidad prescrita para el ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1, 100 (km/h).
- Una vez alcanzada la velocidad prescrita, en ese instante se activará el sistema de frenado hasta alcanzar de manera progresiva, con la deceleración aplicada,

una velocidad equivalente al 10% de la velocidad prescrita, 10 (km/h). En este punto finalizará el ensayo.

- Se volverá a repetir el ensayo del mismo modo, pero con el coche descargado.

2.4.2. Caso2: Motor embragado

CARGADO (máxima CARGA admisible por los ejes)

- Se encenderá el motor del coche y se iniciará la aceleración hasta alcanzar un 80% de la velocidad máxima del vehículo, siendo esta velocidad en el caso máximo 160 (km/h).
- Una vez alcanzada la velocidad dictaminada para el ensayo de motor embragado, se procederá a la activación del sistema de frenado aplicando una deceleración progresiva hasta alcanzar una velocidad equivalente al 10% de la velocidad máxima del vehículo. Instante donde finalizará el ensayo.
- Se volverá a repetir el ensayo del mismo modo, pero con el vehículo descargado.

2.5. Análisis de los datos procedentes de los dispositivos

Tras la ejecución del ensayo tipo 0 en los dos estados del motor, se procederá a la extracción y análisis de los datos del software del ordenador. Los resultados se notificarán en la hoja de toma de datos. De este modo, se deberán recoger los siguientes parámetros del ensayo:

- Temperatura del sistema de frenado antes de iniciar el ensayo.
- Velocidad prescrita para el ensayo v_1 .
- Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,8v_1$ (m).
- Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,1v_1$ (m).
- Fuerza ejercida sobre el pedal del freno (N).

Finalmente se comprobará que la distancia de frenado, la fuerza aplicada sobre el sistema de frenado y la deceleración media estabilizada se encuentran dentro de los

límites mínimos dictaminados por el Reglamento 13 y 13H para otorgar la homologación del sistema de frenado.

- Reglamento 13H:

Motor desembragado		Motor embragado	
v prescrita	100 (km/h)	v prescrita	0,8 v _{max} <160(km/h)
s	$<0,1v+0,006v^2$ (m)	s	$<0,1v+0,0067v^2$ (m)
dm	$>6,43$ (m/s ²)	dm	$>5,76$ (m/s ²)
f	<650 (N)	f	<650 (N)

- Reglamento 13:

Motor desembragado		Motor embragado	
v prescrita	80 (km/h)	v prescrita	0,8 v _{max} <120(km/h)
s	$<0,15+v^2/130$ (m)	s	$<0,15+v^2/103,5$ (m)
dm	>5 (m/s ²)	dm	>4 (m/s ²)
f	<700 (N)	f	<700 (N)

ANEXO II. Instrumentación

1. Sistema inercial con GPS

El sistema inercial empleado en la obtención de datos del ensayo es un sensor Ellipse INS, modelo N, de SBG Systems. El sensor consta en su interior de un núcleo de medición inercial de unidad denominado IMU.



Imagen A. II. 1

Ellipse INS, modelo N.

El IMU está compuesto por giroscopios en los 3 ejes, acelerómetros en los 3 ejes y magnetómetros en los 3 ejes. A su vez, el dispositivo cuenta con un input para el cable de conexión de la antena GPS y con un output destinado al cable de conexión con la tarjeta de adquisición de datos. En el siguiente esquema se muestra la organización básica de un Ellipse INS, modelo N:

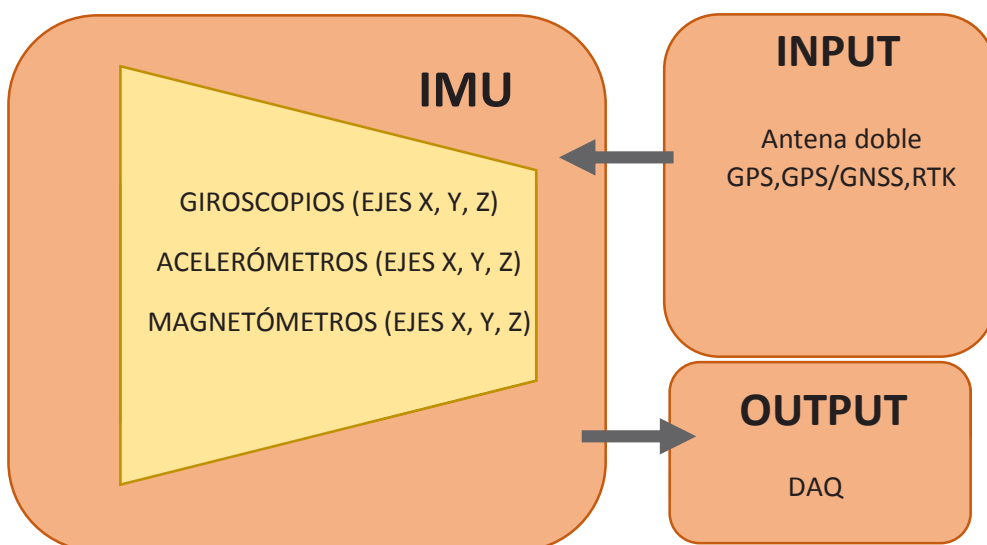


Imagen A. II. 2

2. Pisómetro

Para efectuar el cálculo de la fuerza sobre el sistema de frenado, es decir, la fuerza necesaria para accionar el dispositivo de freno, no se puede disponer de algún cálculo posterior a la prueba de modo que debemos obtener la medida de un sistema de medida.

El sistema de medida escogido es una célula de compresión modelo C9c de HBM. El transductor de fuerza C9c puede utilizarse para medir fuerzas estáticas y dinámicas de compresión.

Características del sensor C9c [6]:

- El transductor emplea tecnología avanzada de galgas extensométricas. La fuerza se introduce a través de un punto de aplicación de carga especial.
- La fuerza máxima del rango de fuerzas adecuadas a su medición es 1(kN).
- Tiene un diseño extremadamente compacto que facilita la integración. El transductor de fuerza C9C ofrece protección IP67. Garantiza resultados de medición precisos incluso en entornos adversos, gracias a su carcasa hermética de acero inoxidable y al empleo de un cable extremadamente fino y resistente.

El C9C es compacto, preciso y robusto, características que lo convierten en un equipo de gran versatilidad. Entre sus posibles aplicaciones destacan las siguientes:

- Bancos de ensayos económicos para un amplio espectro de aplicaciones.
- Control y monitorización de procesos de producción.
- Labores de medición durante la fase de desarrollo, en situaciones en las que otros sensores resultan demasiado grandes; por ejemplo, para medir fuerzas de frenado directamente en pinzas de freno.



Imagen A. II. 3

Sensor C9c.

3. Sistema DAQ

La tarjeta de adquisición de datos escogida es el amplificador universal de ocho canales del sistema de adquisición de datos QuantumX de HBM, modelo MX840. Sus principales características son su tamaño compacto, su flexibilidad, las prestaciones que aporta y su sencillez de uso.

Se adapta de forma ideal a todas las tecnologías de sensores comunes, al disponer conectores universales. El dispositivo es capaz de adquirir datos de los siguientes sensores [7]:

- Galgas extensométricas, de puente completo o de medio puente
- Transductores piezoeléctricos alimentados por corriente
- Piezorresistivos, de puente completo
- Termómetros de resistencia (PT100, PT1000)
- Termopares (tipos K, N, R, S, T, B, E, J, C)
- Resistencias óhmicas
- Transductores potenciométricos
- Inductivos, LVDT, de puente completo o de medio puente
- Transductores de tensión ($\pm 100\text{mV}$, $\pm 10\text{V}$, $\pm 60\text{V}$)
- Transductores de corriente estandarizada (0 / 4 ... mA, 2-/3- or 4-wire configuration)
- Resistencias (PTC, NTC, KTY, etc.)
- Canales 5-8, además: codificador rotativo, medición de frecuencia, SSI
- CANbus



Imagen A. II. 4

QuantumX de HBM, modelo MX840.

4. Termómetro

Para ensayos de tipo 0 dentro de las categorías de vehículos M1 y N1, necesitaremos asegurarnos de que partimos de unos frenos fríos, es decir, que el disco de freno se encuentre a una temperatura inferior a 100 °C.

Por ello, necesitamos algún dispositivo que mida la temperatura en el disco o en el exterior del tambor. El dispositivo escogido es un termómetro con fijación magnética, que nos permitirá fijarlo en la superficie de los frenos. Dicho sensor de temperatura, dispone de un cable de salida con conexión universal para conectarlo al DAQ.

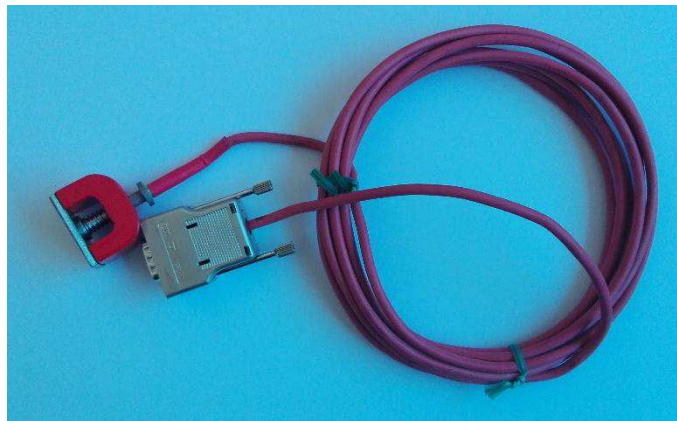


Imagen A. II. 5

Termómetro.

5. Inclinómetro

Uno de los parámetros a valorar con anterioridad ante la ejecución del ensayo tipo 0 es la horizontalidad de la pista de ensayo. Los Reglamentos 13 y 13H establecen que se debe realizar dicha valoración en 6 puntos diferentes de la pista para verificar que es inferior al límite máximo de 3º.

Para obtener dichos parámetros se ha determinado utilizar un inclinómetro modelo del fabricante Mitutoyo.



Imagen A. II. 6

Inclinómetro Mitutoyo

6. Básculas digitales

Los Reglamentos 13 y 13 H establecen que se debe notificar en el acta de ensayo la distribución de masa por ejes, para los ensayos de tipo 0 para vehículos M1 y N1 tanto para el caso de vehículo como descargado como vehículo cargado.

Ante esta necesidad, se ha implantado en el procedimiento propuesto en la Memoria del presente documento la utilización de dos básculas digitales del fabricante Sorribes. De este modo, se posicionarán sobre ambas las ruedas del eje delantero, y posteriormente las del eje trasero.



Imagen A. II. 7

Báscula digital Sorribes.

ANEXO III. Simulación de un accionamiento de freno

1.Objeto

Se ha realizado una simulación de frenada, con el fin de verificar:

- El correcto funcionamiento del sistema inercial con GPS.
- La validez del proceso de obtención de datos mediante los programas: Excel y Máxima.

2. Metodología

El método implementado consiste en realizar una aceleración del vehículo, continuada de una desaceleración. Básicamente se quiere comprobar que el sistema inercial se ha situado de modo adecuado. Es decir, los ejes de referencia de nuestro dispositivo coinciden con los ejes de la trayectoria trazada de nuestro vehículo:

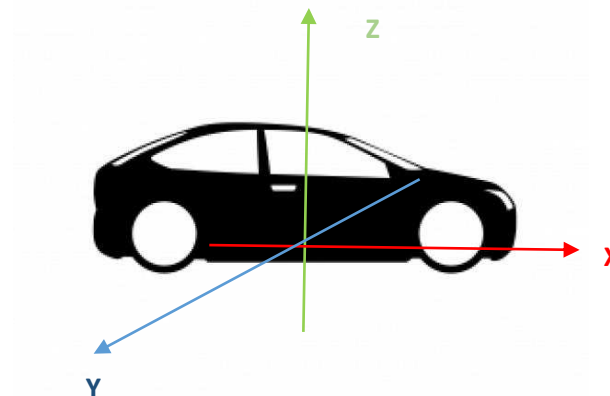


Imagen A. III. 1

3. Proceso de simulación

3.1. Instrumentación

En el proceso de simulación sobre un vehículo M1, Peugeot 207, se han utilizado los siguientes dispositivos:

- Sistema inercial Ellipse INS, modelo N, de SBG.
- Tarjeta de adquisición de datos (DAQ), MX840A de HBM.
- Ordenador.

3.2. Conexión de los dispositivos y ejecución de la simulación

El proceso de la simulación se constituyó en dos partes:

Conexión de los dispositivos:

- Conexión del dispositivo GPS con el sistema inercial.
- Conexión del sistema inercial al DAQ.
- Conexión del DAQ al ordenador.

Ejecución de la simulación:

- En primer lugar, se realiza la activación de la tarjeta de adquisición y se inicia el programa interfaz en el ordenador.
- A continuación, el vehículo desde una posición en reposo se incrementa su velocidad.
- Finalmente, se activa el sistema de frenado reduciendo la velocidad del vehículo y se finaliza la adquisición de datos.

4. Análisis de los resultados

Nuestro sistema inercial nos ha proporcionado las aceleraciones del vehículo en cada instante, resultados que hemos exportado a una tabla Excel para realizar su análisis:

- Considerando los datos de tiempo (s) y aceleración (m/s²) en el eje X, realizamos una gráfica para obtener la función de la aceleración respecto al tiempo, con una línea de tendencia polinomial de grado 6:

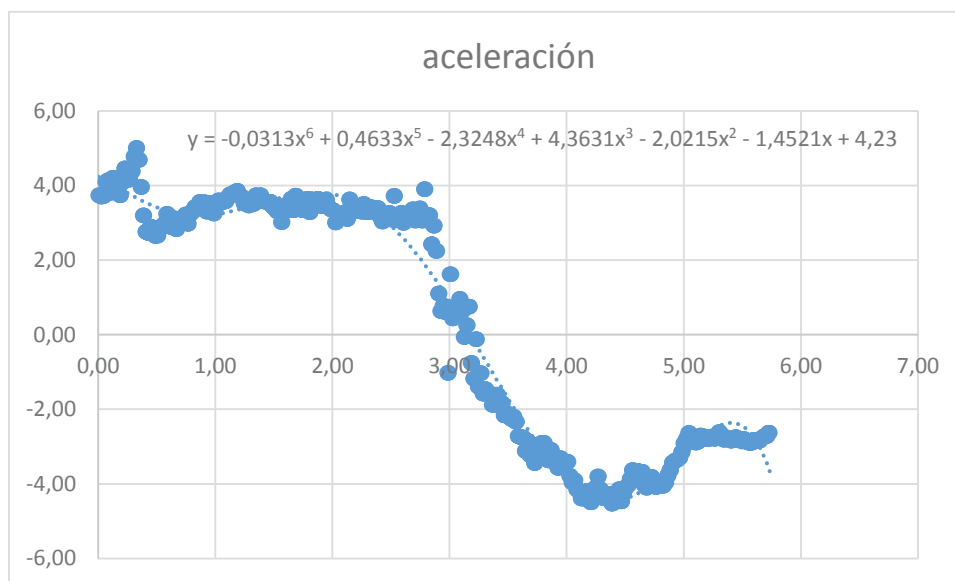


Imagen A. III. 2

Se observa que la aceleración parte de un valor superior a 4, esto se debe a la disposición del sistema inercial en una situación con una leve inclinación. Inclinación que aporta un valor inicial debido a la descomposición del vector de la gravedad entre los ejes del sistema.

- Conociendo la ecuación de la aceleración, procedemos a su análisis en Máxima:

➤ Integración de la función aceleración para la obtención de la función velocidad respecto al tiempo:

$$v(t) = -0.0044714285714286t^7 + 0.077216666666667t^6 - 0.46496t^5 + 1.090775t^4 - 0.67383333333333t^3 - 0.72605t^2 + 4.23t$$

➤ Conociendo la función realizamos la representación gráfica de la velocidad respecto al tiempo:

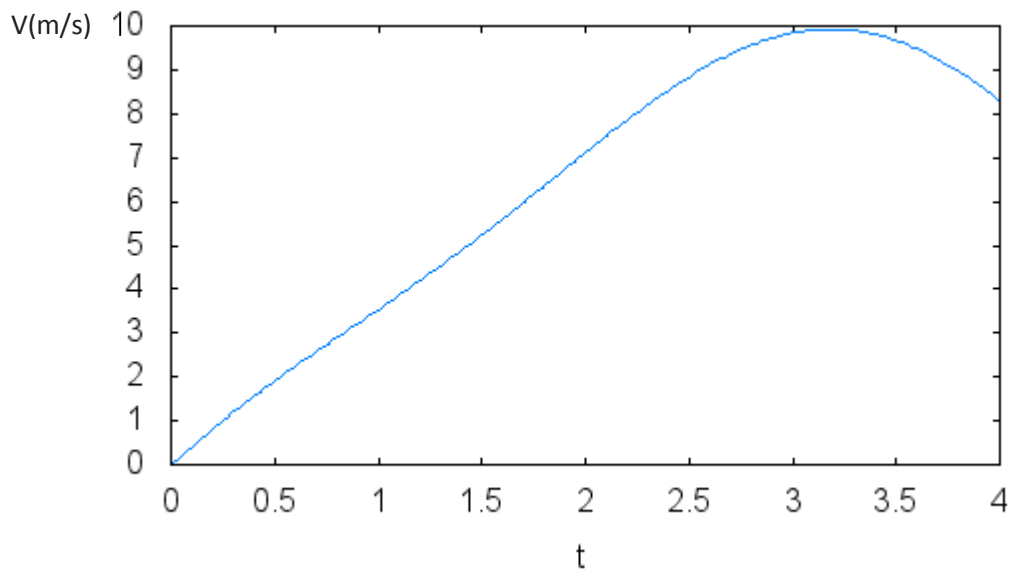


Imagen A. III. 3

➤ Obtenida la velocidad, se procede a la obtención de la ecuación de la distancia recorrida respecto al tiempo con la integración de la función velocidad:

$$s(t) = -5.5892857142857144 \cdot 10^{-4}t^8 + 0.011030952380952t^7 - 0.077493333333333t^6 + 0.218155t^5 - 0.16845833333333t^4 - 0.24201666666667t^3 + 2.115t^2$$

- Conocida la función representamos la distancia recorrida (m) respecto al tiempo (s):

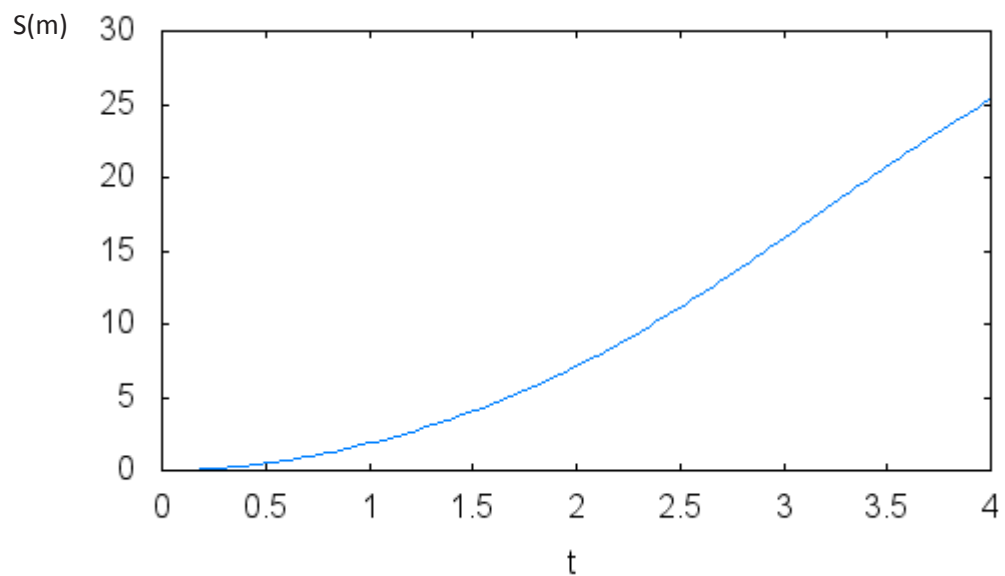


Imagen A. III. 4

- Finalmente, para conocer la distancia recorrida entre dos periodos de tiempo, se realiza una integración definida de la velocidad en función del tiempo entre t_1 y t_2 . Siendo $t_1=0$ y $t_2=4$, obtenemos:

$$S_{1,4} = 23,44 \text{ (m)}$$

Finalizado el análisis, se concluye con la verificación del correcto funcionamiento del sistema inercial y de la validez del proceso de obtención de una distancia entre dos periodos de tiempo.

ANEXO IV. Distribución de cargas en el vehículo

1. Distribución de cargas en el vehículo

La ejecución del ensayo tipo 0 para vehículos M1 y N1 requiere la realización del ensayo en dos estados del vehículo: descargado y cargado. A continuación, se exponen las dos distribuciones de masas para el vehículo del ensayo de adaptación.

1.1. Estado descargado

El vehículo se ensaya sin ninguna carga, y con los depósitos de gasolina y aceite llenos. Es decir, el reparto de cargas por ejes es el peso de sus taras.

DISTRIBUCIÓN DE MASAS	
Distribución de masas	Vehículo descargado
Eje 1	432
Eje2	416
Total	848

Tabla A. IV. 1 1

1.2. Estado cargado

En este caso el vehículo se cargará con su máxima carga admisible. Por ello, se expone a continuación el cálculo desarrollado para el vehículo sobre el cual se han realizado los ensayos de adaptación:

$$P_{MAX\ CARGA} = MMA_{TOTAL} - MASA\ 5\ PASAJEROS - TARA_{TOTAL}$$

$$P_{MAX\ CARGA} = 1340 - 375 - 848 = 117\ (Kg)$$

Conociendo que la MMA_{2^oEJE} es de 700 (Kg), la adicción de 117(Kg) no supone una saturación de dicho eje:

$$MMA_{2^oEJE} > P_{MAX\ CARGA}$$

$$700\ (Kg) > 117(Kg)$$

Así pues, se deberá cargar el vehículo con 117 (Kg) de carga en el maletero para la realización del ensayo con el vehículo cargado.

ANEXO V. Adaptador de pisómetro

1.Diseño del adaptador

Ante la necesidad de solventar el problema de la superficie de incidencia del dinamómetro de pedal, se procede a diseñar un adaptador que permita su fijación sólida al pedal y aumente la superficie sobre la que aplicar la fuerza para activar el sistema de frenado.

El diseño del adaptador debe aportar una serie de condiciones que permitan la correcta evaluación de la fuerza ejercida:

- Conservación de la dirección ortogonal de aplicación de la fuerza.
- Protección del instrumento de medida.
- Ranura o espacio que permita la salida del cable de conexión con el DAQ.

Tras el análisis de características necesarias del adaptador, se han ideado tres modelos diferentes a través de Solidworks. Cada uno tiene unas características dimensionales, de funcionamiento, acoplamiento y fijación diferentes. La característica común de todos ellos, es su composición por dos conjuntos, con el fin de conseguir una mejor transmisión e incisión de toda la fuerza ejercida. Dichos diseños están compuestos por:

- Conjunto A: base de sujeción del pisómetro. Dicha base se situará entre el pedal del freno y el sensor de medida.
- Conjunto B: Pieza de transmisión e incisión de la fuerza, en dirección perpendicular, al pisómetro.

1.1. Diseño I

El primer diseño, más sencillo en el aspecto estructural, consiste en dos placas con ranuras. Además, el conjunto base tiene un vacío circular para posicionar el pisómetro y evitar su desplazamiento:

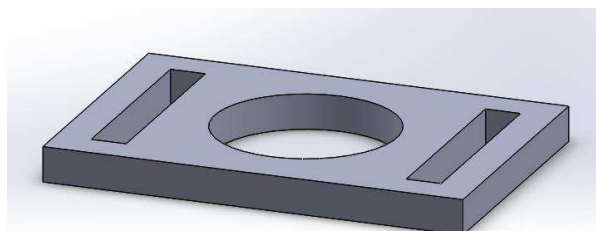


Imagen A. V. 1

Conjunto A del diseño I.

Respecto al conjunto B del diseño I, se basa en una placa superficial sin vaciado alguno a excepción de las ranuras. Sobre esta placa se aplicará la fuerza, siendo esta un homólogo del pedal de freno:

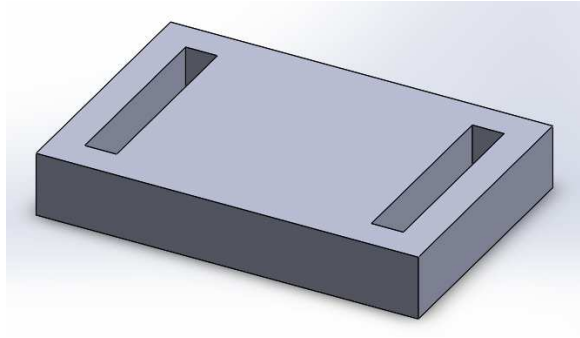


Imagen A. V. 2

Conjunto B del diseño I.

En cuanto al sistema de acoplamiento, destacar que las ranuras se han diseñado con el objetivo de sujeción del adaptador mediante una cinta o banda elástica al pedal de freno. De este modo, el adaptador tendría el siguiente posicionamiento:

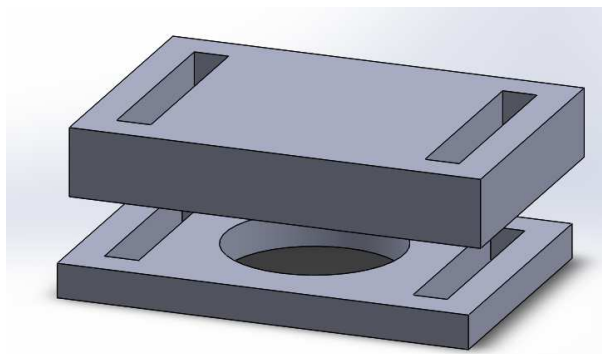


Imagen A. V. 3

Adaptador, diseño I.

1.2. Diseño II

El segundo diseño ideado se diferencia del anterior al disponer una superficie de incidencia más pequeña y está formado por conjuntos de caras cilíndricas. De este modo, el conjunto base se basa en una camisa con ranura en su base para permitir la salida del cable de conexión:

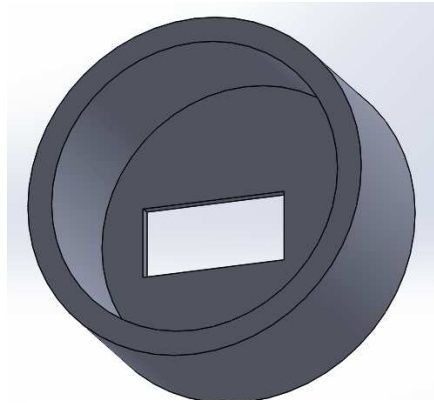


Imagen A. V. 4

Conjunto A del diseño II.

En cuanto al conjunto de incidencia sobre el pisómetro, destacar que su diseño se basa en una revolución cilíndrica formada por una superficie sobre la cual se ejercerá la fuerza y un cilindro macizo para incidir sobre el pisómetro:

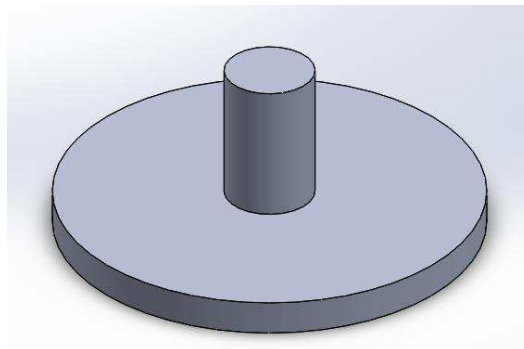


Imagen A. V. 5

Conjunto B del diseño II.

Tras la exposición de los conjuntos, cabe mencionar que su fijación se realizaría mediante un adhesivo al pedal del freno para fijar el conjunto A; y una banda elástica para consolidar el acoplamiento del conjunto B sobre el conjunto A. De este modo, el acoplamiento se realizará como se muestra en la siguiente imagen:

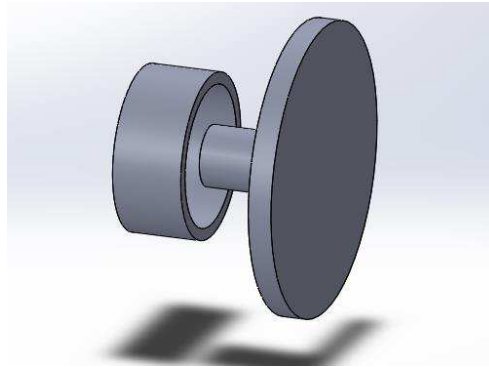


Imagen A. V. 6

Adaptador, diseño II.

1.3. Diseño III

El último modelo de adaptador, con mayor complejidad estructural, ha sido diseñado a través de ideas de los ambos diseños anteriores. Este adaptador consta de placas base con ranuras en ambos conjuntos, así como de formas cilíndricas.

El conjunto A, portador del dispositivo, se basa en una estructura formada por una base junto con una camisa cilíndrica con ranura destinada a la salida del cable de conexión:

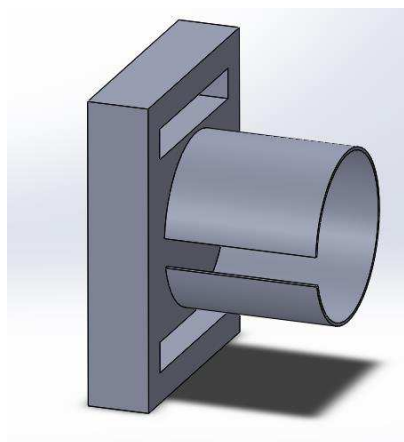


Imagen A. V. 7

Conjunto A del diseño III.

El conjunto B, transmisor de la fuerza, está compuesto por una base y un macizo cilíndrico con una conicidad en la parte superior, cuyo vértice será el encargado de incidir sobre el sensor:

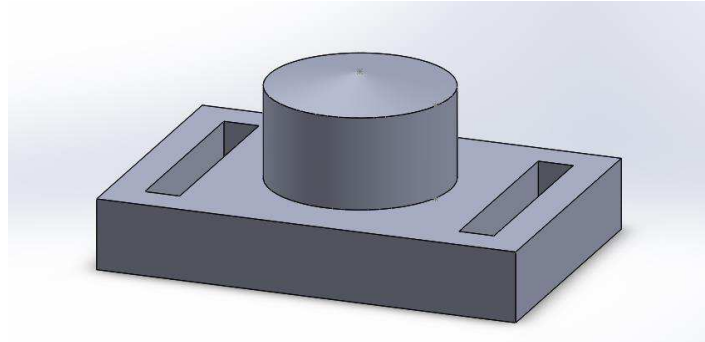


Imagen A. V. 8

Conjunto B del diseño III.

El acoplamiento de ambos conjuntos se conseguirá mediante cinta o banda elástica a través de las ranuras para conseguir una sólida fijación del adaptador al pedal. Su configuración de acoplamiento se describe en la siguiente imagen:

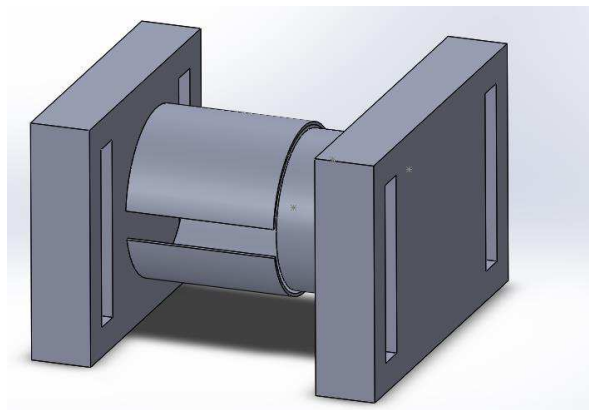


Imagen A. V. 9

Adaptador diseño III.

1.4. Análisis de los diseños

Tras exponer los 3 diseños ideados y definir sus estructuras, acoplamientos y sujeciones, se procede al análisis del diseño mejor adecuado para solventar nuestro problema inicial:

- En función de la acción de la sujeción, el diseño I y el diseño III son los más adecuados para su acoplamiento con el pedal de freno.
- Valorando la disposición del dispositivo en el adaptador, los diseños II y III son más adecuados al ser caras cilíndricas, las cuales impiden el movimiento del pisómetro en 360º; y además constan de una ranura para la salida del cable de conexión.
- Finalmente, si analizamos la acción de incidencia sobre el pisómetro, el diseño III cuenta con una conicidad en la parte superior del macizo cilíndrico, que permite una incidencia más puntualizada que los diseños I y II.

Ante el análisis anterior, se ha tomado la decisión de fabricar el diseño III y descartar los diseños I y II al ser menos adecuados para solventar el problema inicial.

2. Material del adaptador

Previamente a la fabricación del adaptador, se realiza un análisis tensional en Solidworks de materiales propuestos para evitar una rotura en el caso más desfavorable.

Los materiales que se van a analizar son los siguientes:

- PE (Polietileno) de alta densidad, un polímero termoplástico ligero y con muy buena resistencia al impacto.
- PMMA (polimetilmetacrilato), alta resistencia al impacto y gran facilidad de mecanización y moldeo.
- POM (Polióxido de metileno), un termoplástico cristalino de alta rigidez.
- Aleación de aluminio 356-T6, aleación de baja densidad con alta resistencia al tratarse de una aleación con magnesio.

2.1. Análisis tensional en SolidWorks:

El Reglamento 13 y 13H establece un rango admisible de fuerza de aplicación sobre el sistema de frenado: [65-500] (N). Ante esta restricción, se procede a ensayar el adaptador diseñado ante la fuerza máxima aplicable permitida: 500 (N).

El estudio estático se realizará al conjunto sobre el cual se aplica la fuerza: conjunto B del adaptador. Así pues, se procederá a cargar el ensamblaje y se realizará un nuevo estudio de análisis estático en Solidworks:

- Aplicación al conjunto del material a estudiar.
- Tras la aplicación del material se procederá a las restricciones de movimiento y las sujeciones:
 - Sujeción sobre la cara cilíndrica, con la restricción del movimiento en el eje Z y eje X.
 - Sujeción fija de la superficie cónica del macizo.
- Aplicación de la carga máxima admitida por el Reglamento 13 y 13H, 500 (N), sobre la superficie de aplicación en dirección ortogonal.

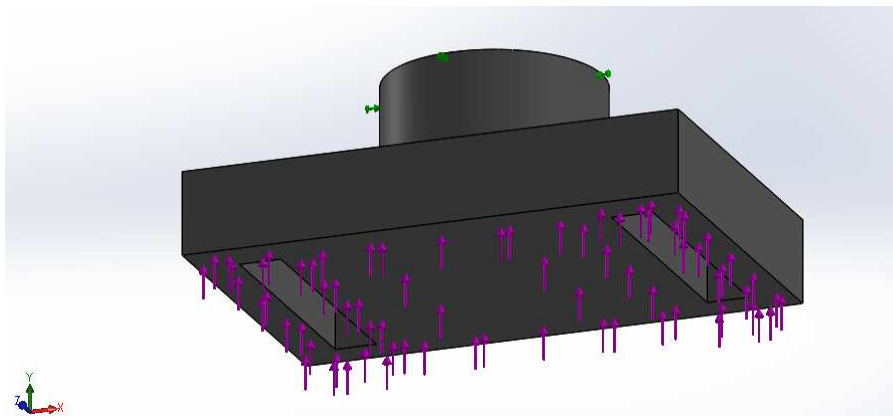


Imagen A. V. 10

Aplicación de la fuerza y sujeción de la cara cilíndrica.

- Aplicada la carga a ensayar, se procederá al mallado del ensamblaje para la obtención de los resultados: desplazamientos y tensiones. El mallado escogido es el predeterminado por Solidworks, cuyos parámetros son:
 - Malla estándar.
 - Elemento triangular.
 - Tamaño global de los elementos: 1.29275579 (mm).

- Tolerancia: 0.06463779 (mm).

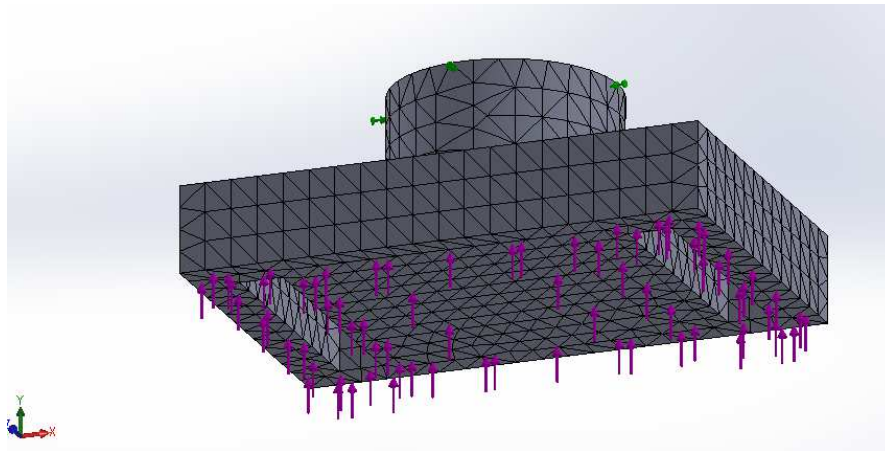


Imagen A. V. 11

Mallado del conjunto.

- Finalmente, se realizará la ejecución del estudio y la obtención de los resultados del análisis estático realizado.

A continuación, se muestran los gráficos de tensiones y desplazamientos ante la aplicación de la fuerza máxima aplicable, 500 (N), sobre los materiales propuestos para la fabricación del adaptador.

2.2. Resultados del estudio de materiales

2.2.1. Análisis del PE de alta densidad

Gráfico tensional:

Nombre de modelo: Ensamblajeadaptor5MM
Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Pe determinado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 5.27705

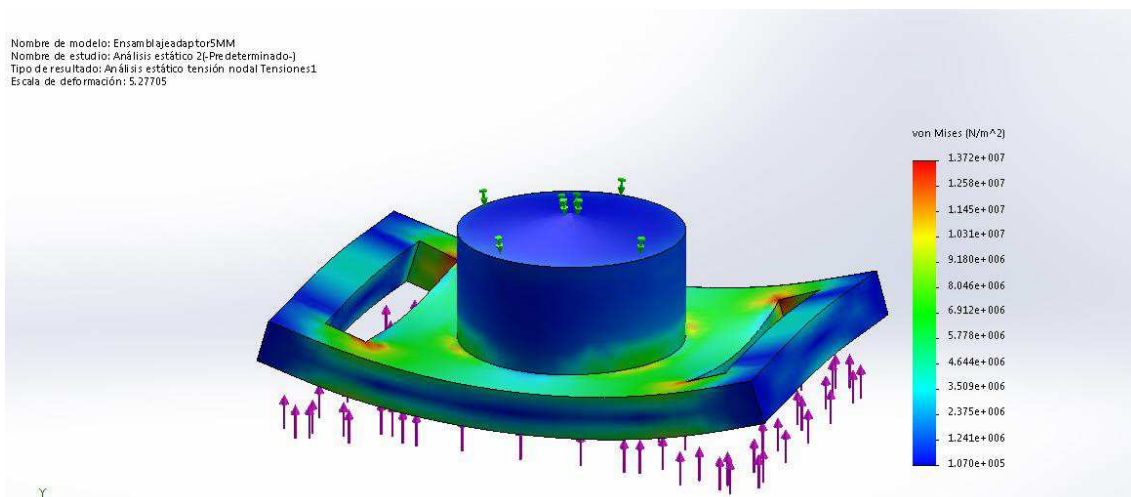


Imagen A. V. 12

Como se aprecia en el gráfico las máximas tensiones se producirían en las zonas interiores de las ranuras. Estas tensiones máximas tienen un valor de 4,69 (MPa).

Obtenida la tensión máxima, caso más desfavorable, se analiza el coeficiente de seguridad que tendría nuestro adaptador:

- Tensión de fluencia del PE alta densidad: $\sigma_F = 24 \text{ (MPa)}$ [5]
- Tensión máxima del conjunto: $\sigma_{max} = 13,72 \text{ (MPa)}$
- Coeficiente de seguridad del diseño: $C_s = \frac{\sigma_F}{\sigma_{max}} = 1,7$

Gráfico de desplazamientos:

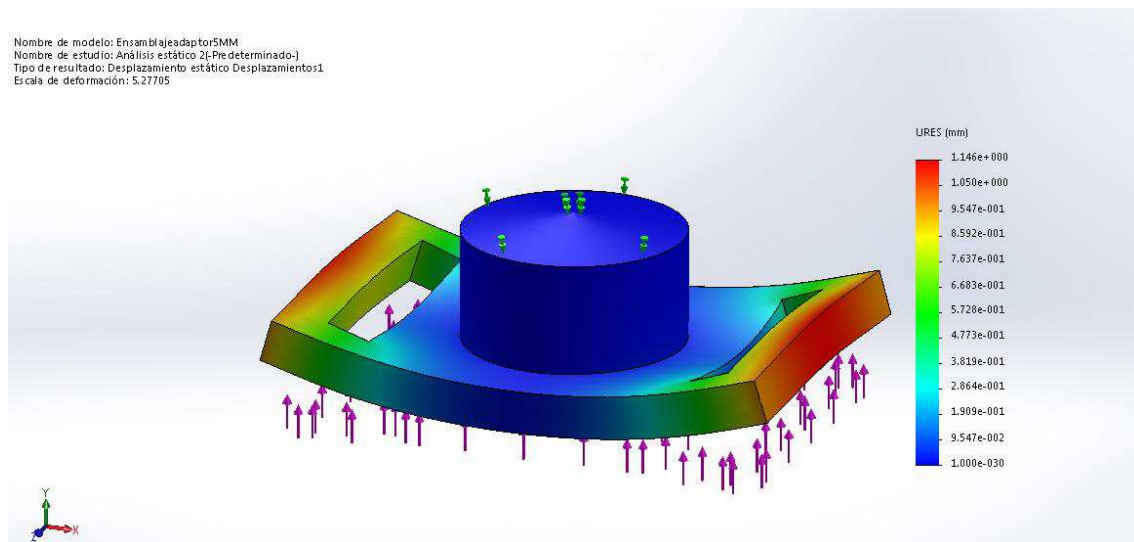


Imagen A. V. 13

El gráfico de desplazamientos en el caso más desfavorable nos muestra que la zona más afectada serán los extremos de la placa base, siendo el desplazamiento máximo del adaptador de PE de alta densidad de 1,14 (mm).

2.2.2. Análisis del PMMA

Gráfico tensional:

Nombre de modelo: Ensamblajeadaptor5MM
 Nombre de estudio: Análisis estático 2[Pre-determinado-]
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 13.7286

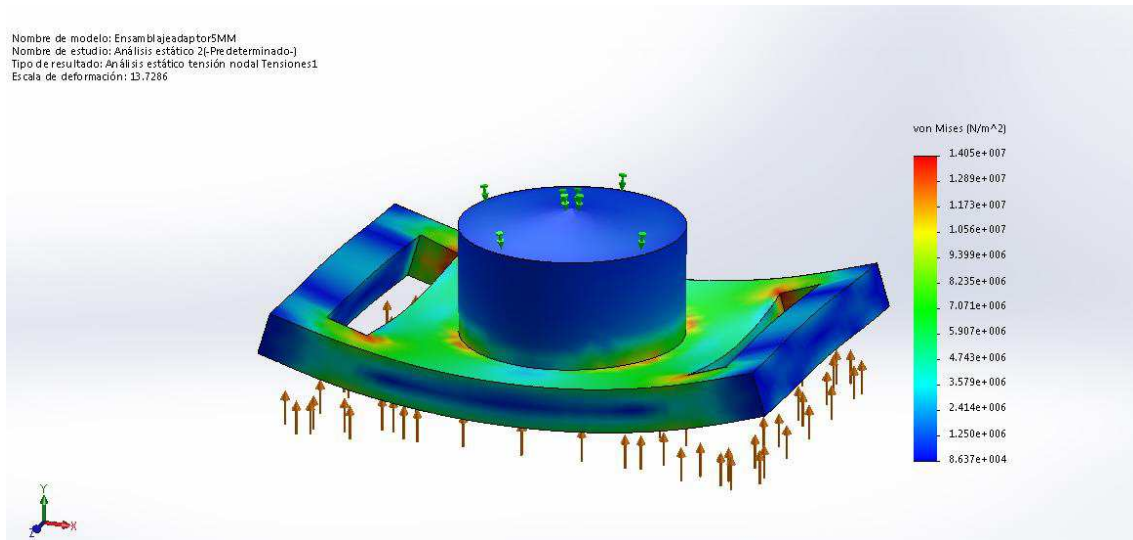


Imagen A. V. 14

Como se observa en el gráfico las máximas tensiones se producirían en las zonas interiores de las ranuras. Estas tensiones máximas tienen un valor de 6,82 (MPa).

Obtenida la tensión máxima, caso más desfavorable, se analiza el coeficiente de seguridad que tendría nuestro adaptador:

- Tensión de fluencia del PMMA: $\sigma_F = 70 \text{ (MPa)}$ [5]
- Tensión máxima del conjunto: $\sigma_{max} = 14,05 \text{ (MPa)}$
- Coeficiente de seguridad del diseño: $C_s = \frac{\sigma_F}{\sigma_{max}} = 5$

Gráfico de desplazamientos:

Nombre de modelo: Ensamblajeadaptor5MM
 Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Pre determinado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 13.7286

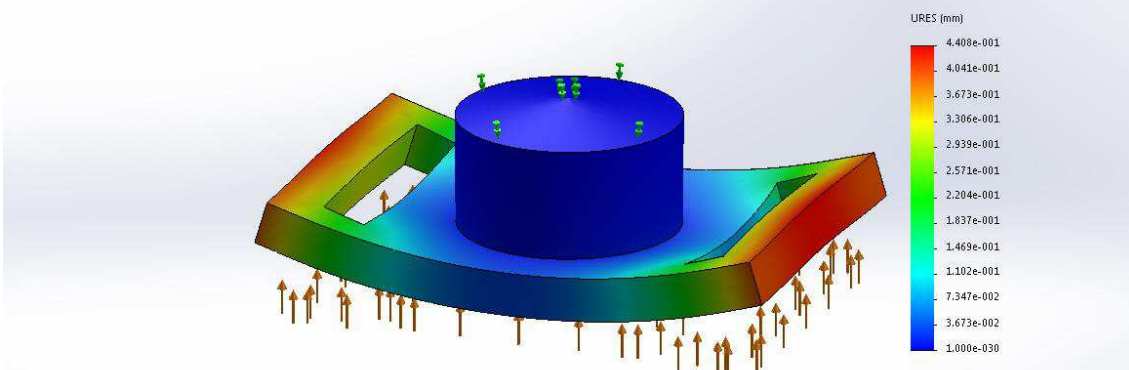


Imagen A. V. 15

El gráfico de desplazamientos en el caso más desfavorable nos muestra que la zona más afectada serán los extremos de la placa base, siendo el desplazamiento máximo del adaptador de PMMA de 0,4 (mm).

2.2.3. Análisis del POM**Gráfico tensional:**

Nombre de modelo: Ensamblajeadaptor5MM
 Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Pre determinado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 12.782

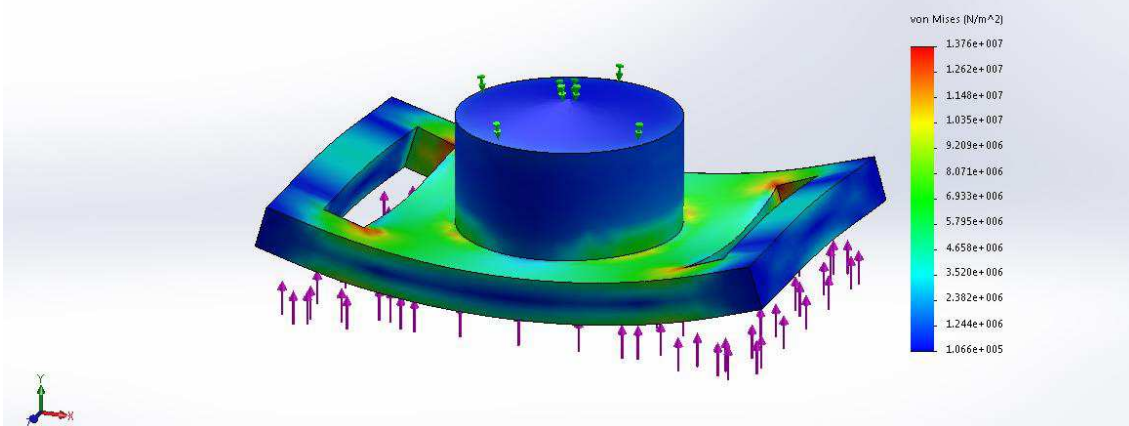


Imagen A. V. 16

Como ocurría en los casos anteriores, en el gráfico las máximas tensiones se producirían en las zonas interiores de las ranuras. Estas tensiones máximas tienen un valor de 3,73 (MPa).

Obtenida la tensión máxima, caso más desfavorable, se analiza el coeficiente de seguridad que tendría nuestro adaptador:

- Tensión de fluencia del POM: $\sigma_F = 62 \text{ (MPa)}$ [5]
- Tensión máxima del conjunto: $\sigma_{max} = 13,76 \text{ (MPa)}$
- Coeficiente de seguridad del diseño: $C_s = \frac{\sigma_F}{\sigma_{max}} = 4,5$

Gráfico de desplazamientos:

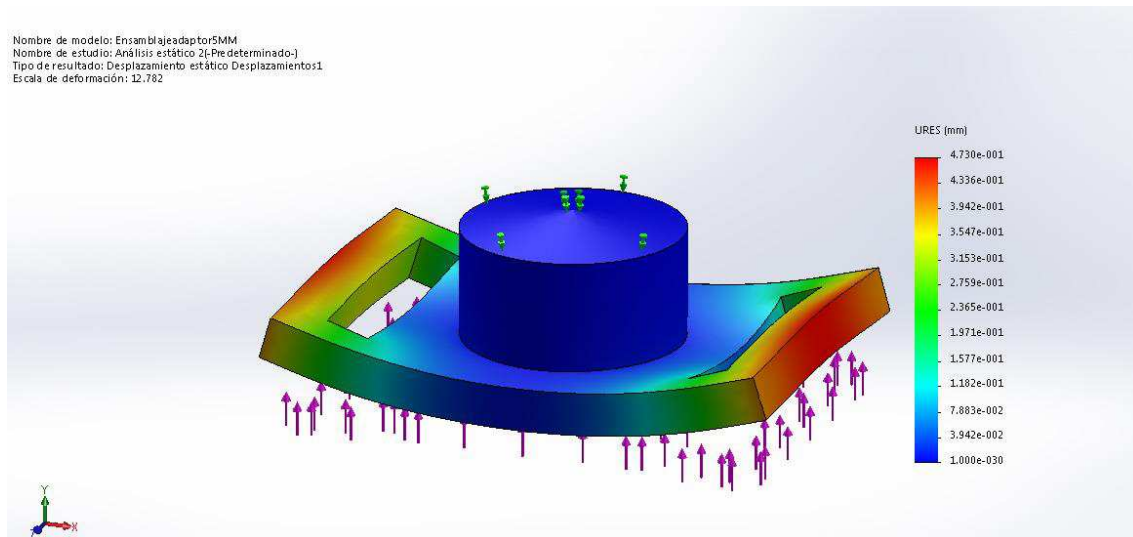


Imagen A. V. 17

El gráfico de desplazamientos en el caso más desfavorable nos muestra que la zona más afectada serán los extremos de la placa base, siendo el desplazamiento máximo del adaptador de POM de 0,47 (mm).

2.2.4. Análisis del Aluminio 356-T6

Gráfico tensional

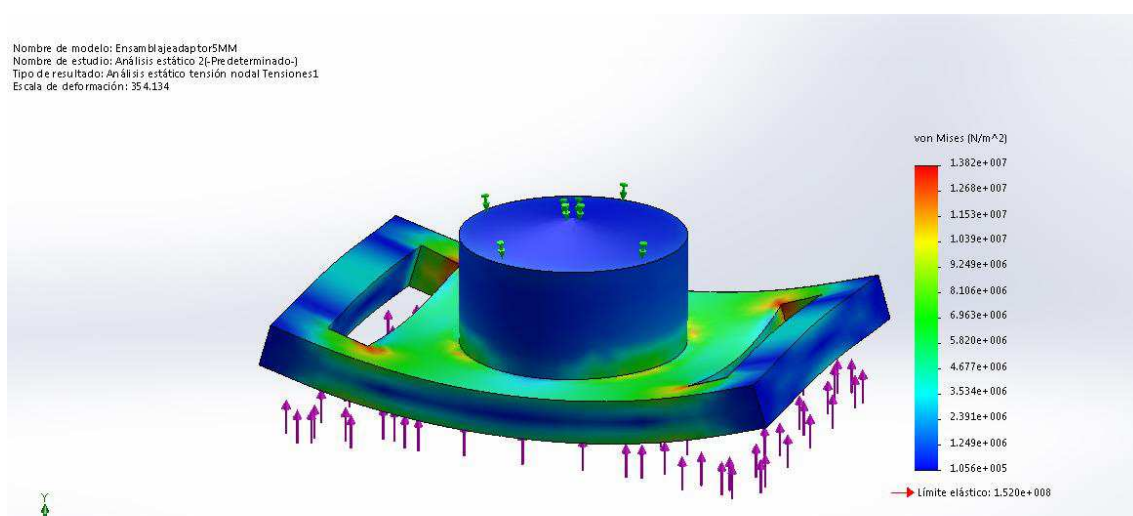


Imagen A. V. 18

Del mismo modo que en los análisis anteriores, en el gráfico las máximas tensiones se producirían en las zonas interiores de las ranuras. Estas tensiones máximas tienen un valor de 3,84 (MPa).

Obtenida la tensión máxima, caso más desfavorable, se analiza el coeficiente de seguridad que tendría nuestro adaptador:

- Tensión de fluencia del aluminio: $\sigma_F = 152 \text{ (MPa)}$ [5]
- Tensión máxima del conjunto: $\sigma_{max} = 13,82 \text{ (MPa)}$
- Coeficiente de seguridad del diseño: $C_s = \frac{\sigma_F}{\sigma_{max}} = 11$

Gráfico de desplazamientos:

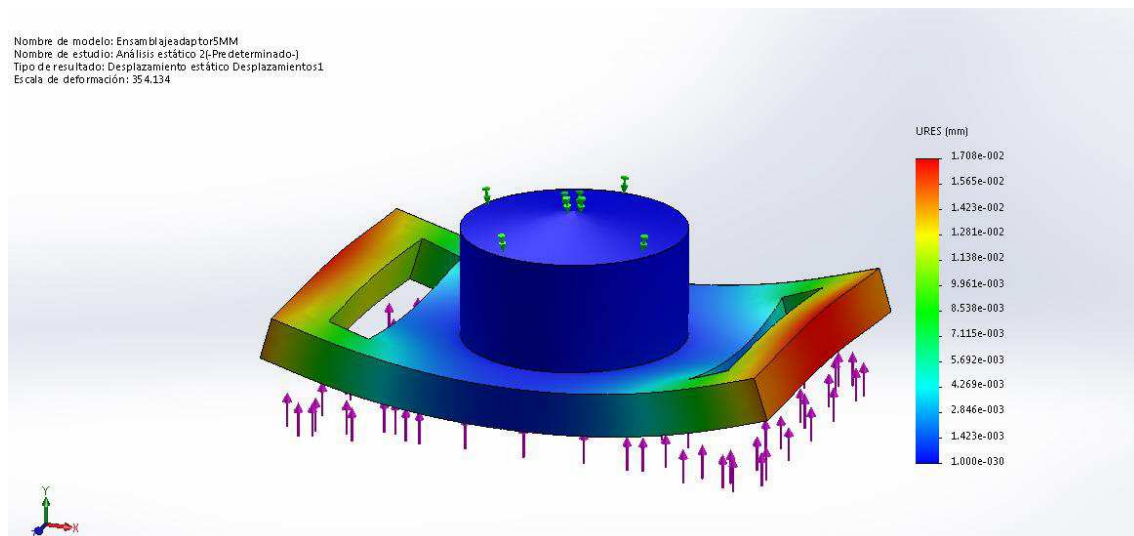


Tabla A. V. 19

El gráfico de desplazamientos en el caso más desfavorable nos muestra que la zona más afectada serán los extremos de la placa base, siendo el desplazamiento máximo del adaptador de aleación de aluminio de 0,01 (mm).

2.3. Determinación del material

La determinación del material se va a realizar en función de los resultados del análisis estático anterior, y de las propiedades de los materiales. De este modo, se expone a continuación un resumen de los materiales a escoger:

Material	PROPIEDADES			Análisis del adaptador	
	Precio del material [8] [9]	Peso	Conductividad	Coef. Seguridad	Desplazamientos
PE alta densidad	1.530 €/Tm	0,960(g/cm ³)	0	1,7	1,14(mm)
PMMA	2500 €/Tm	1,18(g/cm ³)	0	5	0,4(mm)
POM	2331 €/Tm	1,41 (g/cm ³)	0	4,5	0,47(mm)
Aluminio 356-T6	2464€/Tm	2,68(g/cm ³)	37,7 × 10 ⁶ S/m	11	0,01(mm)

Tabla A. V. 2

En relación con los datos aportados en la tabla anterior, podemos descartar el aluminio 356-T6 debido a su sobredimensión para resolver nuestro problema en cuestión.

Respecto a los tres materiales plásticos, cabe mencionar que el PE de alta densidad nos aporta un coeficiente de seguridad muy escaso para la acción de impacto del pie del conductor sobre el pedal de freno. Así pues, nuestros materiales adecuados para la fabricación del adaptador serán el PMMA y el POM.

La determinación final del material se basa en el aspecto económico porque ambos nos aportan desplazamientos mínimos equivalente al igual que su densidad y sus coeficientes de seguridad. Por lo tanto, se determina el POM por su precio más económico frente al PMMA.

2.4. Evaluación del diseño respecto al proceso de fabricación

Tras los análisis de diseño y material del adaptador, se ha evaluado el proyecto del adaptador por un taller de fabricación. Tras el análisis del técnico, se ha dado válido el diseño y el material determinado para la fabricación, aunque por motivos de utillaje para la mecanización de las piezas, se ha modificado el espesor de las bases de ambos conjuntos del diseño aumentándolo de 5 (mm) a 10(mm).

De este modo, se han realizado los planos de los conjuntos para su proceso de fabricación con las medidas adaptadas al análisis del técnico de taller. *Véanse en Planos del adaptador.*

3. Adaptador: Diseño III en POM

3.1. Conjunto Camisa

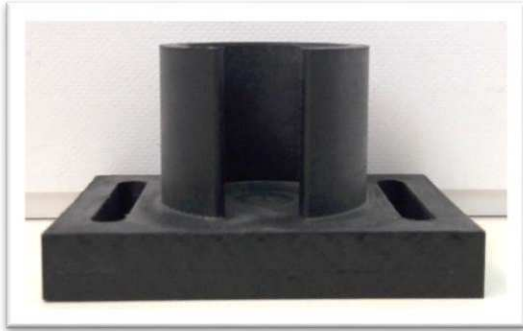


Imagen A. V. 20

Alzado del conjunto.



Imagen A. V. 21

Planta del conjunto.

3.2. Conjunto Macizo

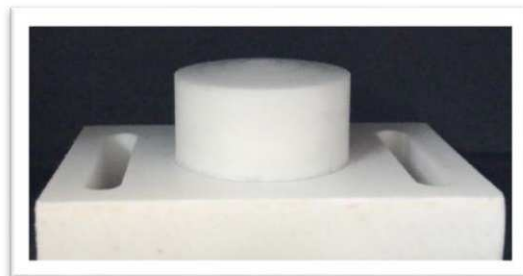


Imagen A. V. 22

Alzado del conjunto.



Imagen A. V. 23

Planta del conjunto.

3.3. Ensamblaje de los conjuntos

Tal y como se muestra en la imagen siguiente, el diseño ideado cumple con todas las condicionantes del sensor de medida:

- Conservación de la dirección ortogonal de aplicación de la fuerza.
- Protección del instrumento de medida.
- Ranura o espacio que permita la salida del cable de conexión.

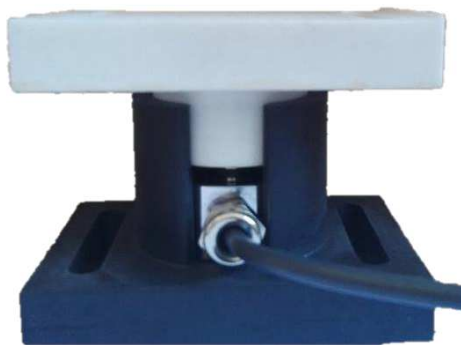
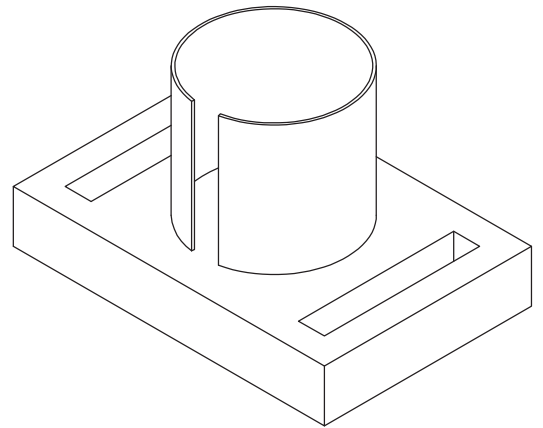
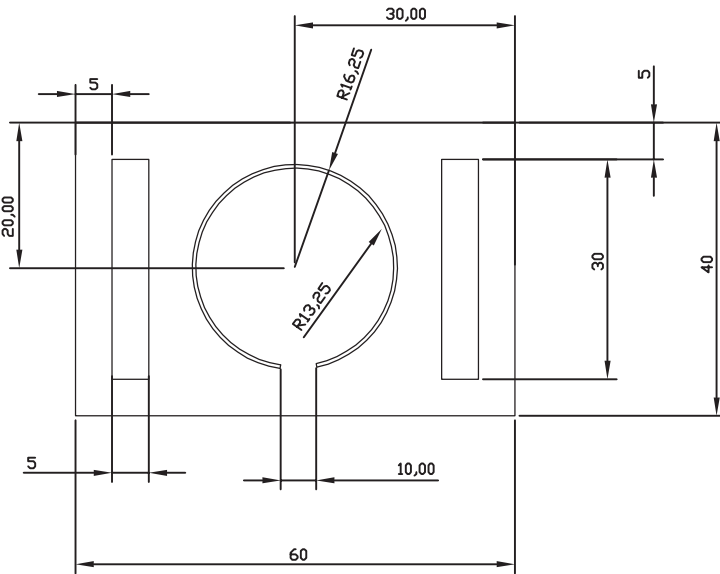
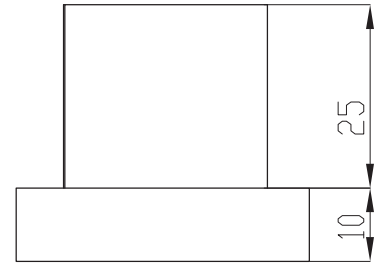
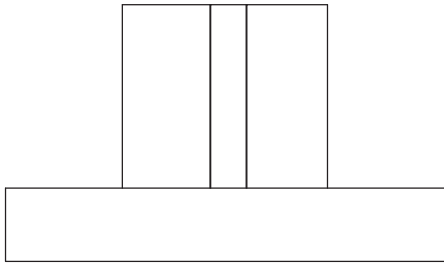
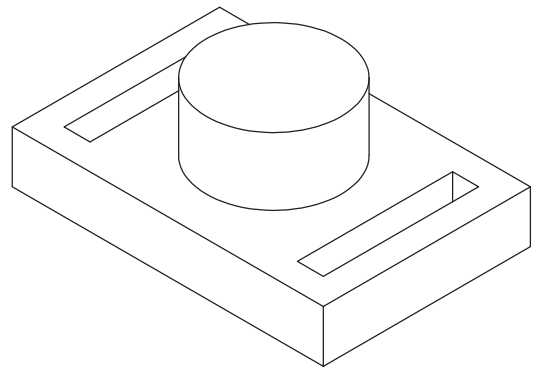
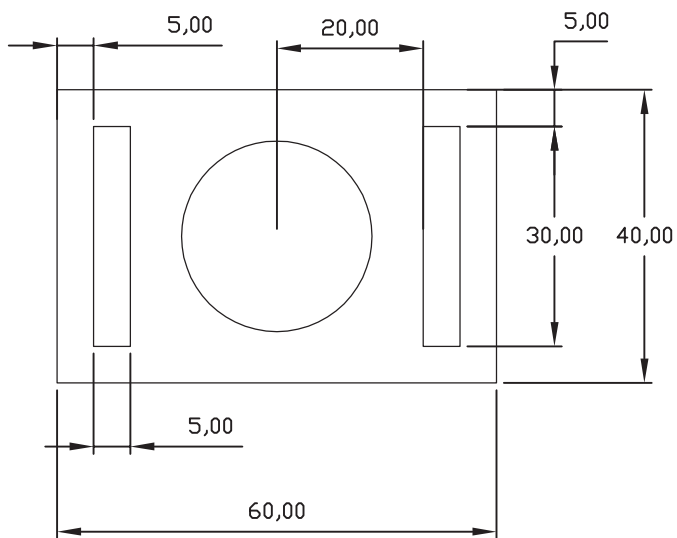
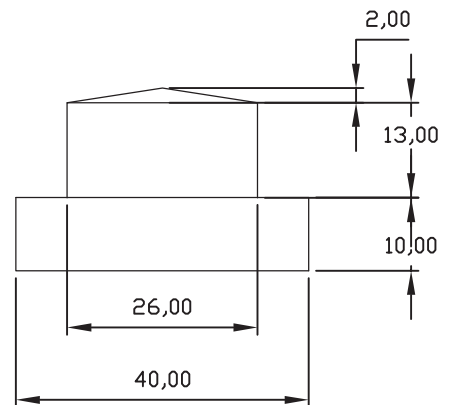
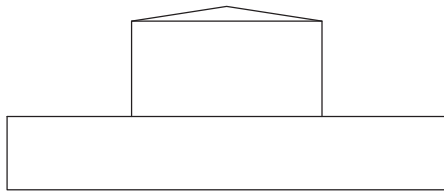


Imagen A. V. 24

PLANOS. Adaptador de pisómetro



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA		FECHA				TÍTULO: CONJUNTO CAMISA			
DIBUJ.		RUIZLAFOZ,PABLO									
VERIF.											
APROB.											
FABR.											
CALID.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO PIEZA 1.1			
						PESO:		ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA	FECHA				TÍTULO: CONJUNTO MACIZO			
DIBUJ.	RUIZ LAFOZ ,PABLO									
VERIF.										
APROB.										
FABR.										
CALID.				MATERIAL:			N.º DE DIBUJO		A4	
				PESO:			ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1	